

TUOMAS TOIVONEN

## Maanteiden kuivatusjärjestelmien ja kuivatuksen liittyvän tiedonhallinnan kehitystarpeet ilmaston muuttuessa





Tuomas Toivonen

# Maanteiden kuivatusjärjestelmien ja kuivatukseen liittyvän tiedonhallinnan kehitystarpeet ilmaston muuttuessa

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 53/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

*Kannen kuva: Marja-Terttu Sikiö*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-150-3

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000



**Tuomas Toivonen: Maanteiden kuivatusjärjestelmien ja kuivatukseen liittyvän tiedonhallinnan kehitystarpeet ilmaston muuttuessa.** Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 53/2015. 74 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-150-3.

**Avainsanat:** ilmastomuutos, kuivatusjärjestelmä, tulva, sortuma, tietojärjestelmä, tiedonhallinta, sopeutuminen

## Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ilmastomuutoksen vaikutukset maanteiden kuivatusjärjestelmiin ja kuivatuksen hallintajärjestelmään sekä tutkia näihin liittyviä kehitystarpeita. Kirjallisuusselvityksessä konkretisoitiin ilmastomuutoksen aiheuttamat haitat kuivatusjärjestelmille sekä arvioitiin kuivatuksen kunnossapidosta kerättävien tietojen kehittämistarpeita. Kuivatuksen hallintajärjestelmän kokonaisuutta arvioitiin kunnossapidon näkökulmasta ja selvitettiin nykyisien tietojärjestelmien puutteet ja mahdollisuudet uusien järjestelmien hyödyntämiseen. Työssä arvioitiin myös kansainvälisiin selvityksiin perustuen riskienhallintamenetelmien soveltamista ilmastomuutoksesta aiheutuviin riskeihin. Lisäksi kuvattiin joitain nykyisin käytössä olevia maanteiden tulvariskien arviointimenetelmiä ja arvioitiin niiden käytettävyys ja kehittämistarpeet Suomen olosuhteisiin.

Tutkimuksen aineistona on käytetty kotimaisia ja kansainvälisiä tutkimuksia ja selvityksistä. Kirjallisuudesta saatuja tietoja on täydennetty haastattelututkimuksella. Erillishaastatteluja tehtiin yhteensä 10 kpl, joiden lisäksi tehtiin yhteishaastattelu, johon osallistui 11 henkilöä. Haastateltavina oli Liikenneviraston, ELY-keskuksien, konsulttien ja urakoitsijoiden edustajia.

Puutteellinen kuivatus lisää liikennehäiriöiden riskiä ja väylänpidon kustannuksia. Maanteiden kuivatusjärjestelmien toimimattomuus johtuu joko puutteellisesta kunnossapidosta tai kuivatusjärjestelmien riittämättömästä mitoituksesta muuttuneille virtaamille. Puutteellinen kuivatus lisää tierakenteiden muodonmuutoksia, maanteilla sattuvia tulvia ja sortumia ja niistä aiheutuvia tienpidollisia ja liikenteellisiä ongelmia. Kuivatusjärjestelmän toimivuus korostuu kevätsulamisen ja rankkasateiden aikana.

Ilmastomuutos lisää kuivatusjärjestelmän haavoittuvuutta ja sen kunnossapitotarvetta. Ilmastomuutoksen myötä Suomessa keskimääräinen sademäärä tulee kasvamaan, keskilämpötila nousemaan sekä sään ääri-ilmiöt, kuten rankkasateet lisääntymään, mistä johtuen tulvat, korkea pohjavesi ja rakennekerrosten vettyminen aiheuttavat tulevaisuudessa nykyistä enemmän haasteita teiden kunnossapidolle. Kokonaissademäärän ennustetaan kasvavan 8–20 %, mutta suurin lisääntyvä kuormitus aiheutuu hetkellisten erittäin voimakkaiden rankkasateiden määrän lisääntymisestä (10–30 %) ja niiden intensiteetissä tapahtuvasta muutoksesta. Tulvien lisäksi tiepenkereiden ja -leikkausten sortumat aiheuttavat tulevaisuudessa nykyistä enemmän haittaa ja kustannuksia tienkäyttäjille ja tienpitäjälle, kun sortumien riski lisääntyy ilmastomuutoksen myötä. Suomen maanteilla tapahtuvien sortumien määrä on kuitenkin kokonaisuudessaan vähäinen.

Kuivatuksen kunnossapidossa ei nykyisin ole käytössä yhtenäistä hallintajärjestelmää ja siihen kuuluvaa erillistä kuivatuksen tietojärjestelmää. Kuivatusjärjestelmistä kerättävät tiedot ovat epäyhtenäisiä ja tietyiltä osin puutteellisia. Tiedonkeruu on tulevaisuuden tarpeisiin nähden liian vähäistä. Lisäämällä tiedonkeruuta maanteiden kuivatusjärjestelmistä ja kuivatuksen kunnosta luodaan paremmat edellytykset kuivatuksen suunnittelulle, kunnossapidolle ja kuivatusjärjestelmien kunnon seurannalle. Tiedon keruun kehittämisessä on oleellista tiedonkeruuta koskevien vaatimusten yhtenäisyys. Lisäksi kerättävien tietojen määrittelyssä tulisi huomioida niiden käyttötarpeet nyt ja tulevaisuudessa (mm. riskienhallinta, kustannustietous, vaikutusten arviointi). Kuivatuksen hallintaa tulisi kehittää kohti hallitumpaa yhtenäistä kokonaisuutta ja kohti järjestelmällisempää tiedonkeruuta. Uuden HARJA-järjestelmän käyttöönotto antaa hyvät mahdollisuudet etenkin tiedonkeruun kehittämiseen.

Kuivatusjärjestelmien parantamis- ja kunnossapitotarpeen arviointia varten tarvitaan luotettavaa tietoa kuivatusjärjestelmään ja sen toimintaan liittyvistä riskeistä. Ilmas- tonmuutoksesta tienpidolle ja liikenteelle aiheutuvien riskien arviointimenetelmänä on tässä työssä esitelty kansainvälisen tutkimusyhteistyön perusteella luotu RIMAROCC- menetelmä. Menetelmää on sovellettu Hollannissa, Ranskassa, Norjassa ja Ruotsissa. Suomeen menetelmää ei ole sovellettu, mutta sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi liikennejärjestelmätason riskien hallintamenettelyiden kehittämisessä sekä kriittisen infrastruktuurin ja ns. heikkojen lenkkien määrittelyssä. Menetelmän soveltaminen Suomeen edellyttää kuitenkin aiheeseen liittyviä jatkoselvityksiä

Maanteiden tulvariskien hallinnan tueksi on kehitetty tulvariskin arviointimenetelmiä. Menetelmistä osa perustuu tiestötietojen, kokemusperäisen tulvatiedon sekä hydrologisten havaintojen hyödyntämiseen ja osassa käytetään paikkatietopohjaisia mallintamiseen ja simulointiin perustuvia menetelmiä. Joitakin menetelmiä on käytetty Suomessa, mutta menetelmien laajempi soveltuvuus tulisi tutkia erikseen. Hyvän lähtökohdan paikkatietopohjaisten menetelmien hyödyntämisen kehittämiseen antaa Maanmittauslaitoksen lähes koko Suomesta kartoitettu laserkeilausaineisto.

**Tuomas Toivonen: Behoven att utveckla informationshanteringen i anknytning till väg-dräneringssystem och dräneringar av landsvägar när klimatet förändras.** Trafikverket, teknik och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 53/2015. 74 sidor och 2 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-150-3.

## Sammanfattning

Syftet med denna studie var att undersöka vilka effekter klimatförändringen har på vägdräneringssystem och hanteringen av systemen samt kartlägga utvecklingsbehoven i anknytning till dem. Litteraturstudien konkretiserade de problem som klimatförändringen orsakar avvattnings- och dräneringssystemen. Dessutom utvärderades behoven att utveckla datainsamlingssystemen. Metoderna för att hantera avvattnings- och dräneringssystemen utvärderades ur underhållsperspektiv. Man utredde bristerna i de nuvarande datasystemen och möjligheterna att utnyttja nya. Tillämpningen av metoderna för att hantera klimatriskerna utvärderades på basis av internationell litteratur. Därtill utvärderades vissa av de metoder som används i detta nu för att bedöma riskerna för översvämningar av vägar samt metodernas användbarhet och utvecklingsbehov.

Det material som användes i studien innehåller inhemska och internationella forskningsrapporter och andra utredningar. Litteraturstudierna kompletterades med en intervjuundersökning som bestod av tio intervjuer. De intervjuade var representanter för Trafikverket, NTM-centralerna samt konsulter och entreprenörer.

En otillräcklig dränering ökar risken för trafikstörningar och stigande väghållningskostnader. Problemen med vägnas avvattnings- och dräneringssystem beror ofta på antingen bristande underhåll av systemen eller otillräcklig dimensionering med hänsyn till förändrade förhållanden i framtiden. En otillräcklig dränering ökar deformationer i vägkonstruktioner, översvämningar av vägar samt vägras och därmed väghållnings- och trafikmässiga problem. Avvattnings- och dräneringssystemets funktion betonas vid tjällossning och störtregn.

Klimatförändringen kommer att öka sårbarheten i avvattnings- och dräneringssystemen och behovet av underhåll. På grund av klimatförändringarna kommer den genomsnittliga nederbörden att öka, medeltemperaturen att stiga och extrema väderfenomen såsom kraftiga regn att förekomma oftare. Förändringarna såsom översvämningar, höga grundvattennivåer och vattensjuka konstruktionslager i vägnas kommer att öka behoven av underhåll. Den totala nederbörden beräknas öka med 8–20%, som till största delen beror på att tillfälliga mycket starka störtregn ökar (10–30%) och det sker förändringar i deras intensitet. Även risken för ras i vägbanken och innerslätten kommer att öka på grund av klimatförändringarna. Detta kommer att orsaka besvär och ökade kostnader för trafikanter och väghållare. Mängden ras kommer dock att vara ganska liten.

Idag finns det inget enhetligt system för hantering av underhåll och planering av vägnas avvattning och dränering. Data som samlats in är heterogen och till vissa delar otillräcklig. Datainsamlingen är alltför knapp jämfört med de framtida behoven. Bättre datainsamling och bättre hantering kommer att förbättra planeringen, underhållet och kontrollen av systemen för vägnas avvattning och dränering. Det väsentliga för utvecklingen är att kraven för insamling och hantering av data är enhetliga. Det är också viktigt att förutse de framtida behoven av data (inklusive

riskhantering, konsekvensbedömningar, kostnadsmedvetenhet). De nuvarande styrningssystemen borde utvecklas till ett mera enhetligt och mera organiserat styrningssystem. Införandet av det nya HARJA-systemet kommer att ge goda grunder för utvecklingen.

För att bedöma behoven av underhåll och förbättring av dräneringssystemen krävs tillförlitlig information om riskerna i anknytning till systemens funktion. De risker som klimatförändringen orsakar trafiken och vägunderhållet kan utvärderas genom flera metoder. I detta arbete utvärderas en metod som kallas RIMAROCC. Metoden har använts i Nederländerna, Frankrike, Norge och Sverige. I Finland har metoden inte tillämpats tillsvidare, men den kan användas till exempel när riskhanteringsmetoden utvecklas på trafiksystems nivå eller för att bedöma den kritiska infrastrukturen och de så kallade svaga länkarna i transportsystemet. Tillämpningen av metoden i Finland kräver dock ytterligare studier.

Det finns metoder för att utvärdera översvämningsrisker som har utformats speciellt för vägar. Vissa metoder är baserade på användningen av data om vägar, empirisk information om översvämningar och hydrologiska data. Andra metoder använder modellering och simulering baserade på geografisk information (GIS). Vissa metoder har också använts i Finland, men en mera omfattande tillämpning av de olika metoderna måste studeras ytterligare. En bra utgångspunkt för fortsatta studier är Lantmäteriverkets rikstäckande kartläggning.



**Tuomas Toivonen: Drainage data management and road drainage systems – development needs arising from climate change.** Finnish Transport Agency, Technology and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 53/2015. 74 pages and 2 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-150-3.

## Summary

The purpose of this study was to examine the effects of climate change on the road drainage systems and drainage management systems, and to identify the related development needs. The negative effects of climate change on drainage systems were concretized in the literature survey. The development needs of the data collection systems were identified, and the drainage management systems were evaluated from the maintenance perspective. The possibilities of introducing new data collection and management systems were examined. The application of climate risk management methods was evaluated based on international literature. Furthermore, some of the currently used flood risk assessment methodologies were described and it was discussed how these could be utilized and developed in Finland.

The materials used in the literature research comprise domestic and international research and studies. The facts obtained from the literature were complemented with the facts obtained from the interviews. A total of 10 interviews were carried out in the research. Among the interviewees were representatives from the Finnish Transport Agency, ELY Centres, consultants and contractors.

Inadequate drainage increases the risk of traffic disruptions and road management costs. Problems with road drainage systems are often caused by either lack of drainage system maintenance or inadequate dimensioning with regard to future changes in drainage conditions. Inadequate drainage increases the risk of deformation of the road structures, flooding of roads and road collapses, which consequently cause problems in traffic flow and maintenance. The importance of well-functioning road drainage systems is emphasized during the spring thaw and heavy rains.

The climate change will increase the vulnerability of drainage systems and the need for routine maintenance. The climate change will result in increased average rainfall, higher temperatures and more frequent extreme weather phenomena, such as heavy rains. Due to the changes, the floods, high ground water levels and the wetting of structural layers of roads will increase the need for maintenance. Total rainfall is projected to grow by 8–20%. Most of the estimated growth is due to the increased number of momentary very strong torrential rains (10–30%) and the change in their intensity. Also the risk of road embankment and slope failures will increase due to the climate change. This will cause inconvenience and higher costs for the road users and the authorities. In Finland there are, however, relatively few road embankment and slope failures.

Currently, there are no fully integrated road drainage management or data management systems available. The data collected is heterogeneous and to some parts incomplete. The inadequate data collection does not meet the future needs. Better data collection and management of road drainage systems and drainage systems management would enhance the design, maintenance and monitoring of the road drainage systems. Uniform requirements for data collection and management are essential for development. Moreover, it is important to anticipate the future data needs (including risk management, impact assessment, cost estimates). The current drainage management and data management systems should be developed to become more harmonized and systematic. The introduction of the new system HARJA system will create a good foundation for development.

Reliable information on the drainage system and the risks related to its functionality is required to assess the needs for maintaining and improving the drainage system. The risks arising from climate change to traffic and maintenance of roads can be evaluated through several methods. In this thesis the RIMAROCC method is assessed. The method has been used in the Netherlands, France, Norway and Sweden. In Finland, the method has so far not been applied, but it could be used, for example, to develop risk management procedures at the transport system level or to assess the critical infrastructure and the so-called weak links of transport systems. However, further studies are required before the method can be applied in Finland.

Flood risk assessment methods have been designed specifically for roads. Some methods have been based on road features data, empirical information of floods and hydrological data. Other methods utilize spatial information-based modeling and simulation. Some of the methods have been used in Finland. The broader applicability of different methods should be studied further. A good starting point for further studies is the nationwide laser scanning survey of the National Land Survey of Finland.

# Esipuhe

Tämä selvitys on laadittu Tampereen teknillisen yliopiston rakennetun ympäristön tiedekunnan diplomityönä Destia Oy:ssä. Tutkimuksen tilaajana on Liikennevirasto ja työn tekemisestä on vastannut yhdyskuntatekniikan opiskelija Tuomas Toivonen. Työn ohjaajana Destia Oy:ssä on toiminut dipl.ins. Marja-Terttu Sikiö ja ohjaajana professori Tim Länsivaara Tampereen teknillisestä yliopistosta. Lisäksi työn ohjausryhmään kuuluivat Liikennevirastosta Tuovi Päiviö, Sami Petäjä, Timo Tirkkonen, Laura Pennanen ja Mika Valtonen.

Työn aihe on nykyään aina ajankohtainen ilmastonmuutos ja sen vaikutukset maanteiden kuivatukseen ja siitä kerättävän tiedon hallintaan. Aihe on haastava kahdesta syystä: ilmastonmuutos on erittäin laaja ja lähderiippuvainen aihe, ja toisaalta kuivatuksen tiedonhallintaa ei ole aikaisemmin juurikaan tutkittu. Tavoitteena oli selvittää mitä kehitystarpeita ilmastonmuutos tuo kuivatuksen tiedonhallinnalle ja kuvata ne haasteet, joita se aiheuttaa nykyisille kuivatusjärjestelmille. Työtä varten haastateltiin tilaajaorganisaatiota, ELY -keskuksia, konsultteja sekä kunnossapidon urakoitsijoita.

Helsingissä syyskuussa 2015

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto

# Sisällysluettelo

MÄÄRITELMÄT .....	11
1 JOHDANTO .....	14
1.1 Tutkimuksen taustat ja lähtökohdat .....	14
1.2 Tutkimuksen tavoitteet.....	16
1.3 Tutkimusmenetelmä .....	16
2 MAANTEIDEN KUIVATUS JA SEN HALLINTA .....	18
2.1 Yleistä maanteistä ja niiden hoidosta ja ylläpidosta .....	18
2.2 Kuivatusjärjestelmä.....	19
2.3 Kuivatuksen suunnittelu hankkeissa .....	23
2.4 Kuivatuspuutteet ja niiden vaikutukset.....	24
2.5 Kuivatusongelmien korjauksissa käytettävät menetelmät .....	25
2.6 Kuivatuksen kunnostuksen hankinta .....	27
2.7 Maanteiden kuivatuksen hallintajärjestelmät .....	28
3 MAANTEIDEN TULVAT JA SORTUMAT .....	32
3.1 Maanteihin vaikuttavat vesistötulvat .....	32
3.2 Tieympäristön hulevesitulvat.....	34
3.3 Tiedonkeruu tulvista maanteilla .....	35
3.4 Tiepenkereiden ja leikkausten sortumat .....	38
3.5 Tiedonkeruu sortumista ja pohjarakenteiden vauriokohteista .....	39
4 ILMASTONMUUTOS JA SEN VAIKUTUKSET .....	41
4.1 Ilmastonmuutoskenaariot.....	41
4.2 Ilmasto kuvaavien muuttujien ennustetut muutokset.....	42
4.2.1 Yleiskatsaus.....	42
4.2.2 Lämpötilat kohoavat .....	43
4.2.3 Sädemäärät lisääntyvät.....	45
4.2.4 Lumi vähenee .....	47
4.2.5 Roudan syvyys pienenee .....	48
4.2.6 Poikkeukselliset sääolot lisääntyvät.....	49
4.3 Ennustetut vaikutukset maanteiden kuivatuksen ja sen kunnossapitoon .....	50
5 RISKIENHALLINNAN NÄKÖKULMA ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMISESSA JA VARAUTUMISESSA.....	52
5.1 Ilmastonmuutokseen liittyvien riskien hallinta .....	52
5.2 Riskienhallinnan menettelyt Liikennevirastossa .....	52
5.3 Ilmastonmuutokseen liittyvien riskien hallintaan kehitetyt työkalut .....	54
5.3.1 RIMAROC-menetelmä ilmastonmuutokseen liittyvien riskien arvioimiseksi tienpidossa .....	54
5.3.2 Menetelmät kuivatusjärjestelmien toimintakyvyn arvioimiseksi .....	57
6 ILMASTONMUUTOKSESTA JA TULVISTA TIENPIDOLLE AIHEUTUVAT KUSTANNUKSET .....	64
7 TUTKIMUSTULOKSET .....	66
7.1 Päätulokset .....	66
7.2 Päätelmät ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi.....	68
LÄHDELUETTELO .....	71



## Määritelmät

<b><u>AURA - järjestelmä</u></b>	Liikenneviraston tietokanta, johon kootaan alueurakoista kerättävä hoidon ja ylläpidon töiden toteumatieto.
<b><u>COSO-ERM -viitekehys</u></b>	Kokonaisvaltainen ajatusmalli organisaation riskienhallintaan, jota myös Liikennevirasto soveltaa.
<b><u>ERA - NET ROAD - projekti</u></b>	Kansainvälinen yhdentoista eri maan tienpidosta vastaavaan viraston yhteisprojekti, jossa keskityttiin yhteisiksi koettujen tienpidollisten ongelmien tutkimiseen. Tutkimus keskittyi neljään eri osaprojektiin, joista yhden aiheena oli ilmastonmuutoksen vaikutukset tienpitoon. ERA- NET ROAD 1                      2006–2009 ERA- NET ROAD 2                      2009–2011
<b><u>Hallintajärjestelmä</u></b>	Hallintajärjestelmällä tarkoitetaan omaisuuden hallintaan ja toiminnan suunnitteluun tarkoitettua tietojärjestelmää tai järjestelmäkokonaisuutta. Maanteiden kuivatuksen hallinnassa tarvittavia tietoja ovat kuivatusjärjestelmistä kerätyt sijainti- ja järjestelmätiedot (materiaali, koko jne.), järjestelmien kuntotieto sekä normaalin ja äkillisten hoitotöiden toteumatiedot.
<b><u>HARJA -järjestelmä</u></b>	Liikenneviraston kehitteillä oleva tietojärjestelmä, jonka tarkoituksena on korvata LIITO- ja AURA järjestelmät. Ensimmäisen osion käyttöönotto todennäköisesti 9/2016.
<b><u>Hydrologisesti sovitettu maastomalli</u></b>	Termiä on käytetty maanteiden tulva-alttiiden kohteiden mallintamisessa ERANET-ROAD:n SWAMP-projektissa. Termillä tarkoitetaan sellaista esimerkiksi tieympäristöstä laadittua maastomallia, jossa on huomioitu mm. siltojen, rumpujen ja katettujen uomien vedenjohtavuus. Hydrologisesti sovitetussa maastomallissa esimerkiksi penkereellä kulkeva tie ei estä veden kulkua kokonaan, vaan vesi kulkee tien ali rumpujen ja silta-aukkojen kohdilta kuten todellisuudessakin. Maastomallin hydrologiseen sovitamiseen tarvitaan esimerkiksi kartoista, valokuvista ja perusrekistereistä tiedot vettä johtavista tieympäristön rakenteista ja varusteista.
<b><u>Ilmastonmuutos</u></b>	Ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehän kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisestä aiheutuva globaali ilmaston lämpeneminen.

**IPCC**

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC ei tee omaa tutkimusta, vaan paneelin tarkoituksena on koota ja arvioida ihmisen aiheuttamaa ilmaston lämpenemistä ja sen vaikutuksia olemassa olevaa tieteellistä tietoa hyödyntämällä.

**Liito - järjestelmä**

Tieliikennekeskuksen ylläpitämä järjestelmä, jossa eri viranomaisten, tienkäyttäjien ja urakoitsijoiden viestit käsitellään ja välitetään edellä mainituille tahoille tarpeen mukaan.

**Maanteiden hoito**

Tiestön päivittäisen liikennöitävyyden varmistaminen. Hoidon toimia ovat talvihoito, sorateiden kunnossapito, kuivatuksen kunnossapito, liikenneympäristön hoito, siltojen hoito sekä pienet paikkaukset.

**Maanteiden kunnossapito**

Kunnossapitoon kuluu päällystettyjen teiden, sorateiden, siltojen, tieympäristön sekä maanteiden varsilla olevien laitteiden ja rakenteiden hoito ja ylläpito.

**Maanteiden ylläpito**

Maanteiden ylläpitoon kuuluu tehtäviä, joilla varmistetaan tiestön rakenteellinen pitkäaikaiskestävyys. Ylläpidon tehtäviä ovat mm. päällystäminen, rakenteenparantaminen ja tiemerkinöiden ylläpito.

**RATU - hanke**

RATU (Rankkasateet ja taajamatulvat) toteutettiin vuosina 2005–2008. Tavoitteena oli mm. selvittää säätutkaja sademittarihavaintoihin perustuen rankkasateiden sen hetkinen esiintymistodennäköisyys ja arvioida rankkasateiden esiintymisen muutos tulevaisuudessa.

**RCP**

Kasvihuonekaasujen pitoisuuksien mahdolliset kehityskulut (Representative Concentration Pathways). Ilmastonmuutosennusteiden laadintaan tarvitaan arvio kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä tulevaisuudessa. Skenaarioissa otetaan huomioon ainoastaan ihmisen toiminnasta aiheutuvia päästöjä, eikä oteta huomioon luonnossa tapahtuvia muutoksia.

**RECAST -hanke**

Hankkeessa tutkitaan ilmastonmuutoksen aiheuttaman epävarmuuden ja lisääntyvän sään vaihtelun vaikutuksia sääherkkiin pääomaintensiivisiin systeemeihin.

**RIMAROCC**

Maanteiden riskienhallintamenetelmä ilmastonmuutokseen liittyen (Risk Management for Roads in a Changing Climate). Menetelmä on kehitetty osana ERA-NET ROAD -projektia.

**Roadex**

Yhteispohjoismainen tutkimushanke, jossa ideana on jakaa teihin liittyvää tutkimustietoa. Viimeisin hanke oli järjestysluvultaan viides (V), jossa tavoitteena oli jatkaa yhteistyötä vähäliikenteisten teiden hoidon tutkimuksen parissa (sisältäen mm. internet-sivuilla olevan itseopiskelumateriaalin, tuloksia ja raportteja jne.)

**SETUKLIM -hanke**

Vuonna 2011 käynnistynyt Liikenne- ja viestintäministeriön rahoittama kaksivuotinen hanke, jossa tavoitteena oli tuottaa tietoa ilmastonmuutoksesta ja ilmaston vaihtelevuudesta. Hankkeen toteuttivat Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopisto.

**Sidottu vesi**

Maapartikkeleihin sitoutunutta vettä, joka käyttäytyy kuin ”sideaine” maapartikkeleiden välissä ja lisää kuivan maan vetolujuutta.

**Tierakenteen deformaatio**

Pysyvä tai hetkellinen tierakenteen muodonmuutos. Näistä merkittävämpi on pysyvä muodonmuutos, joka voi tapahtua tien pintaosissa, syvemmällä tien rakenteissa tai pohjamaassa. Muodonmuutokset aiheuttavat mm. liikenteelle haitallista urautumista.

**Tierekisteri**

Teematietokanta yleisten teiden ominaisuuksista tienpidon suunnittelun, hoidon teettämisen ja hankekohtaisen esisuunnittelun tarpeisiin. Tierekisterissä on noin 100 tietolajia.

**Toiminnanohjausjärjestelmä**

Urakoitsijoiden käyttämä järjestelmä hoito- ja ylläpito-toimenpiteiden suorittamisen reaaliaikaiseen valvontaan. Eri urakoitsijat käyttävät eri järjestelmää. Usein toiminnanohjausjärjestelmä koostuu useasta eri osajärjestelmästä.

**Topografia**

Maan pinnanmuoto, johon voidaan liittää myös tieto maanpinnan laadusta

**Tulvariski**

Tulvan todennäköisyyden ja tulvasta ihmisen terveydelle, turvallisuudelle, ympäristölle, infrastruktuurille ja taloudelliselle toiminnalle aiheutuvien vahingollisten seurauksien yhdistelmä.

**Vapaa vesi**

Vapaa vesi liikkuu maa-aineksen huokosissa painovoiman ansiosta. Vapaan veden määrä vähentää kantavuutta välittömästi sekä heikentää tien reunojen stabiiliutta ja aiheuttaa reunapainumia ja eroosiota.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen taustat ja lähtökohdat

Ilmasto muuttuu maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisestä johtuen. Ilmastonmuutos edellyttää sopeutumis- ja varautumistoimenpiteitä kansallisella ja paikallisella tasolla. Ilmastonmuutos tulee Suomessa näkymään sademäärien kasvuna, keskilämpötilan nousuna sekä sään ääri-ilmiöiden voimistumisena. Tulevaisuudessa hetkellisten virtaamien voimakkuus kasvaa ja vedenkorkeuksissa esiintyy nykyistä suurempia vaihteluja. Muutoksilla tulee olemaan vaikutuksia nykyiseen infrastruktuuriin ja sitä kautta ihmisten jokapäiväiseen elämään. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tehtyjen toimien on arvioitu vaikuttavan vasta vuosisadan lopulla, joten ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (mm. teiden kantavuuden heikkeneminen, tulvien ja sortumien lisääntyminen) sopeutuminen ja varautuminen kannattaa aloittaa jo nyt. Myös infrarakenteiden pitkä elinkaari edellyttää aikaista sopeutumisen ja varautumisen aloittamista. Esimerkiksi pohjarakenteiden ja siltojen tavoitteellinen käyttöikä on 50–100 vuotta.

Muuttuvassa ilmastossa tienpidon arkityön haasteet tulevat olemaan paljolti samankaltaisia kuin nykyäänkin. Riskit tienpidossa kasvavat, sillä ennusteiden mukaan haastavimpien keliolosuhteiden määrä lisääntyy ja sääilmiöiden rankkuus kasvaa tulevaisuudessa. Myös poikkeuksellisten keliolosuhteiden määrä tulee ennusteiden mukaan lisääntymään. Yhtenä ilmastonmuutoksen tuomana erityishaasteena tulee olemaan vesien poisjohtamiseen sekä maanteiden ja tierakenteiden kuivatukseen liittyvät kysymykset. On arvioitu, että lisääntyvä tulviminen saattaa ylittää maanteiden kuivatusrakenteiden mitoitus- ja lisä- tulvavahinkojen yleistymistä ja vakavuutta. Lisäksi on arvioitu, että lisääntyvien sateiden myötä kevään kelirikko-olosuhteet vaikeutuvat ja syyskelirikkojen määrä kasvaa merkittävästi. Riskien kasvamisesta johtuen on välttämätöntä tarkastella mitä muutostarpeita tienpidon ohjeistukseen ja prosesseihin liittyy. Eri maiden tienpidon viranomaiset ovat vakuuttaneita, että tieverkolla tarvitaan toimenpiteitä, jotta vältetään ilmastonmuutoksen aiheuttamilta hallitsemattomilta häiriöiltä tienpidolle ja liikenteelle. Tienpitäjien tulee sisällyttää ilmastonmuutokseen sopeutuminen teiden suunnittelua, rakenteiden mitoitusta, hoitoa ja ylläpitoa sekä operointia koskeviin ohjeisiinsa (Jeekel et al. 2012).

Liikennevirastossa ja sitä edeltävissä väylävirastoissa ilmastonmuutokseen ja siihen liittyviin sopeutumistoimenpiteisiin on kiinnitetty hyvissä ajoin huomiota. Väylävirastot ovat laatineet vuosina 2007–2009 ilmastonmuutokseen sopeutumisen selvitykset. Tienpidosta on laadittu esiselvityksen jälkeen Tiehallinnon ja tiepiirien toimesta joitain tarkempia selvityksiä – mm. selvitys ilmastonmuutoksen vaikutuksista tiestön hoitoon ja ylläpitoon, selvitys tulva-alttiiden kohteiden kartoittamisesta ja varautumisesta sääolosuhteista johtuviin poikkeustilanteisiin sekä selvitys tieverkon tulvariski-kohteiden määrittelyssä käytettävistä tiedoista. Ilmastonmuutokseen sopeutumistarve on nähty tienpidossa jo pitkään keskeisenä kysymyksenä (Tiehallinto 2009 a, Tiehallinto 2009 b, Tiehallinto 2009c).

EU:n tulvadirektiivin myötä tulviin varautuminen on tullut ajankohtaiseksi Suomessa ja muualla Euroopassa viime vuosina. Direktiivin tarkoituksena on luoda yhtenäiset puitteet tulvariskien arvioinnille ja hallinnalle. Varautumistyötä tienpidossa on tehty ympäristöviranomaisten ja tieviranomaisten yhteistyönä. Merkittävimmistä tulvaris-



kikohteista on laadittu mm. kartta-aineistot, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi tiehankkeiden suunnittelun lähtötietoina. Valtakunnallisesti merkittävimmät tulvariskit liittyvät vesistö- ja meritulviin.

Kansallista ilmastonmuutokseen sopeutumista ohjaa valtioneuvoston 20.11.2014 periaatepäätöksessään hyväksymä Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelma 2022. Sopeutumis suunnitelman päämääränä on, että yhteiskunnalla on kyky sopeutua ilmastossa tapahtuviin muutoksiin ja hallita niihin liittyvät riskit. Sopeutuminen tulisi saada osaksi normaalia toimintaa. Suunnitelmassa on esitetty keskeisimmät lähivuosina toteutettavat toimenpiteet. Sopeutuminen edellyttää pitkäjänteistä suunnittelua ja riittävää tietopohjaa ratkaisujen tekemiseksi. Suunnitelman toimeenpanon koordinoinnista vastaa maa- ja metsätalousministeriö. Hallinnonaloilta sopeutumis suunnitelman toimeenpanosta, seurannasta ja arvioinnista vastaavat ministeriöt (MMM 2014).

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma (ILPO) valmistui maaliskuussa 2009. Ohjelmassa vahvistettiin kansallisessa ilmasto- ja energiastategiassa liikenteelle asetetut kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteet ja tarkennettiin tarvittavia toimenpiteitä, vastuita ja resurssienkäyttöä. ILPO-ohjelma päivitettiin 2013 samassa yhteydessä, kun laadittiin ”Liikenteen ympäristöstrategia 2013–2020”. Hallinnonalalle esitetyt ilmastotoimenpiteet painottuivat lähinnä ilmastonmuutoksen hillintään, mutta ILPO-ohjelman päivitys sisältää myös linjauksen ilmastonmuutokseen sopeutumisesta: ”Tavoitteena on, että ilmastonmuutos ei heikennä liikenteen ja viestinnän nykyistä palvelutasoa.” (Liikennevirasto 2012 b, LVM 2009).

Maanteiden tulvariskejä on kartoitettu mm. Liikennevirastossa vuonna 2014 laaditussa selvityksessä. Aiemmin tulvariskikohteita on selvitetty Pirkanmaan, Varsinais-Suomen ja Kaakkois-Suomen ELY-keskuksissa kartoituksin. Kokemuseräistä tietoa tulvista on kerätty muissakin ELY -keskuksissa, mutta tulvakohteiden tietoja ei ole yhtenäisesti koottu. Vuoden 2014 tulvariskiselvityksen mukaan vain noin 5 % maanteiden tulvakohteista sijaitsee merkittävillä tulvariskialueilla, jotka liittyvät vesistöjen (meri, järvi, joki) lähialueisiin. Pääosa maantieverkon tulvista johtuu selvityksen mukaan rummun tai silta-aukon padottamisesta tai jäätymistukoksesta. Keskeisiä keinoja maantieverkon tulvien vähentämiseksi olisivat kuivatusjärjestelmien tehostettu päivittäinen kunnossapito ja kuivatusjärjestelmien kunnostaminen kestävästi lisääntyvät sateet ja virtaamat. Suunnitteluun tarvitaan myös keinoja arvioida poikkeuksellisen rankkojen sateiden ja nopean lumen sulamisen vaikutuksia väyläympäristöön.

Kuivatuksen hallintajärjestelmiä ja kuivatuspuutteisiin liittyvien riskien hallintaa kannattaa kehittää toiminnan tehostamisen ja ylimääräisten kustannusten karsimisen vuoksi. Ennakoivalla kuivatuksen täsmäkunnostuksella vältetään suuret äkilliset toimenpiteet ja kustannukset. Kuivatuksesta kerättävää tietoa tarkentamalla ja analysoimalla voidaan kuivatuksen kunnossapito priorisoida tarpeen mukaisesti ja ottaa huomioon suunnittelussa, kustannusarviossa ja budjetoinnissa etukäteen (HMEP 2012).

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Diplomityön tavoitteena oli selvittää maanteiden kuivatusjärjestelmien ja kuivatukseen liittyvän tiedonhallinnan kehitystarpeita ilmaston muuttuessa. Tavoitteeseen pyritään seuraavien tutkimuskysymysten kautta:

1. Mistä maanteiden kuivatusongelmat aiheutuvat ja mitä vaikutuksia kuivatusongelmilla on tienpitoon ja liikenteeseen?
2. Mitä haittoja (lisäkuormituksia) ilmastonmuutoksesta seuraa maanteiden kuivatusjärjestelmille?
3. Miten kuivatuksen kunnossapidon hallintaa, hallintajärjestelmiä, tiedonkeruuta ja rekisterien tietosisältöjä voitaisiin kehittää?
4. Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty ilmastonmuutoksesta aiheutuvien riskien arviointiin? Miten ne soveltuvat Suomeen?
5. Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty maanteiden tulvariskien arvioimiseksi? Miten ne soveltuvat Suomeen?

Ilmastonmuutoksen ennustetaan lisäävän tulvimista ja liikennehäiriöitä merkittävästi ja pahimmillaan häiriöt ja vaurioiden korjaustoimenpiteet voivat jopa estää liikennöinnin tiestöllä joksikin aikaa. Aiemmat tiestön osalta tehdyt selvitykset, kansallinen sopeutumisstrategiatyö ja tulvatiedon keruu sekä kehittyvät paikkatiedot ja tietojärjestelmät luovat hyvän pohjan kuivatuksen hallintajärjestelmien kehittämiseksi. Kehittäminen on tärkeää, jotta maanteiden kunnossapito sekä korjaus- ja investointihankkeet osataan tehdä pitkällä aikavälillä kokonaistaloudellisesti kannattavasti ja jotta pahimmat ilmastonmuutokseen liittyvät riskit voidaan välttää.

## 1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen aineistona käytettiin suomalaisia ja kansainvälisiä tutkimuksia ja selvityksiä ko. aihealueelta. Pääosa tutkitusta kirjallisuudesta on liikenne- ja viestintäministeriön, maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön alaisten virastojen julkaisuja, ohjeita ja selvityksiä. Lisäksi tutkimuksessa on hyödynnetty eurooppalaisten tiehallintojen yhteisrahoitteisesti toteuttamien projektien aineistoja sekä eurooppalaisten ympäristöhallintojen aineistoja ja muita kansainvälisiä aineistoja.

Kirjallisuudesta kootaan aiempien tutkimusten ja selvitysten tulokset kuivatusjärjestelmiin liittyvistä tulevaisuuden haasteista ja maantieverkon tulvatapahtumista ilmaston muuttuessa sekä kuvataan ilmastosuureiden ennustetut muutokset viimeisimpien tietojen mukaisesti. Lisäksi pyritään selvittämään erityisesti sortuma- ja tulvatapahtumista aiheutuneita korjaustoimenpiteiden kustannuksia. Kirjallisuudesta saatavia tietoja täydennetään asiantuntijahaastatteluilla.

Kirjallisuusselvityksen tietoja on täydennetty haastattelututkimuksella. Haastateltaviksi valittiin Liikenneviraston, ELY -keskusten, konsulttien ja urakoitsijoiden asiantuntijoita. Varsinaisia erillisiä haastatteluja tehtiin 10 kpl, joiden lisäksi tehtiin yhteishaastattelu tulvayhdyshenkilöiden kokouksen yhteydessä. Lisäksi haastattelutietoja täsmennettiin sähköpostin välityksellä useilta eri asiantuntijoilta.

### Haastattelujen toteutus

Kuivatusjärjestelmien suurimpia ongelmia kartoitettiin yhteensä yhdellätoista haastattelulla. Haastateltavina olivat tilaajan, urakoitsijan ja konsulttien edustajia. Haastattelut toteutettiin 01/2015–05/2015 välisenä aikana. Tarkemmat tiedot haastateltavista ja heidän työtehtävistään löytyvät liitteestä 1 ja haastattelukysymykset liitteestä 2.

Työn tarkoituksen mukaisesti kaikkien vastuuorganisaatioiden edustajien haastatteluilla haluttiin varmistaa, että ilmastonmuutokseen sekä kuivatusjärjestelmien ja niistä kerättävien tietojen hallintaan liittyvät kehitystarpeet tulee arvioitua kokonaisuudessaan kaikkien osapuolten näkökulmasta. Ilmastonmuutokseen liittyen ei kuitenkaan haastateltu ketään esim. Ilmatieteenlaitokselta, koska ilmaston muuttumisesta on olemassa laajaa ja hyvin tuoretta kirjallisuutta, jota hyödynnettiin tässä tutkimuksessa. Näin ollen niihin liittyvillä haastatteluilla ei todettu saavutettavan merkittävää lisäarvoa.

Tilaajaorganisaatioista haastateltiin Liikenneviraston ja Pirkanmaan ELY-keskuksien edustajia, joilta saatiin tietoa ja näkemyksiä mm. maanteiden kuivatuksesta kerättävien tietojen hallinnasta sekä niihin liittyvistä kehitystarpeista. Urakoitsijan edustajana Destia vastasi mm. kysymyksiin hoidon alueurakoissa esiintyvistä kuivatuksellisista ongelmista ja siihen onko kuivatuksesta saatavissa oleva tieto riittävää laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Suunnittelusta vastaavien konsulttien näkemystä kartoitettiin Sito Oy:n ja Destian suunnittelijoiden haastatteluilla. Tarkoituksena oli selvittää missä määrin kuivatuksen suunnitteluun on käytettävissä lähtötietoja ja kuinka suunnittelussa on varauduttu ilmastonmuutokseen tänä päivänä ja tulevaisuudessa.

Haastattelukysymykset ja niiden lukumäärä vaihtelivat haastateltavan työtehtävien mukaan. Liitteessä 2 listattuja kysymyksiä ei siten kokonaisuudessaan esitetty jokaiselle haastateltavalle, vaan kysymykset rajattiin perustuen haastateltavan ydinosaamiseen. Esim. urakoitsijaa edustavilta henkilöiltä kysyttiin urakan toteuttamiseen liittyviä kuivatuksellisia kysymyksiä, eikä niinkään esim. tilaajaa koskevia tietojärjestelmään liittyviä kysymyksiä. Osa haastatteluista toteutettiin videoneuvotteluna, mutta suurin osa tehtiin kasvotusten. Kaikki haastattelut äänitettiin ja tietyiltä osin litteroitiin. Haastattelujen kesto vaihteli 0,5–1,5 h välillä. Osassa haastatteluissa aikaikkuna oli hyvin ahdas ja jotkin asiat oli käsiteltävä haluttua pintapuolisemmin läpi, mutta kokonaisuudessaan haastatteluissa oli riittävästi aikaa käydä asiat perusteellisesti. Haastattelut pyrittiin viemään eteenpäin haastattelukysymyksien mukaisessa järjestyksessä, mutta usein järjestys muuttui vapaan keskustelun myötä haastattelun aikana.

Tulvayhdyshenkilöiden haastattelu toteutettiin ryhmähaastatteluna kokouksen yhteydessä viidellä laaja-alaisella kysymyksellä, joiden toivottiin herättävän vapaata keskustelua aihealueen ympärillä. Haastattelukysymykset löytyvät liitteestä 2. Ryhmähaastatteluun osallistui Liikennevirastosta, ELY -keskuksista sekä Suomen ympäristökeskuksesta (SYKE) tulvien ja niihin läheisesti liittyvien toimien kanssa tekemisissä olevia asiantuntijoita. Haastateltavat henkilöt on esitetty liitteessä 1. Lisäksi haastateltavilta saatiin lisämateriaalia kokouksen jälkeen. Myös tätä materiaalia on hyödynnetty raportoinnissa.

Haastattelujen tulokset on koottu aihealueittain ja ne on esitetty kappaleiden 2.2, 2.7, 3.3 ja 3.5 lopuissa.

## 2 Maanteiden kuivatus ja sen hallinta

### 2.1 Yleistä maanteistä ja niiden hoidosta ja ylläpidosta

Suomen koko tieverkon laajuus on noin 454 000 km. Tästä Liikenneviraston vastuulla olevien maanteiden yhteispituus on noin 78 000 km ja kuntien katuverkkojen osuus on noin 26 000 km. Yksityis- ja metsäautoteiden osuus koko tiestöstä on noin 350 000 km. Maantiet jakaantuvat neljään toiminnalliseen luokkaan: valtatie, kantatie, seututiet ja yhdystiet. Maanteistä noin 65 % on asfalttipäällysteisiä teitä. Noin puolet maanteistä luokitellaan vähäliikenteisiksi eli liikennemäärä on alle 200 ajon./vrk (Liikennevirasto 2015 a). Maanteiden liikennesuoritteesta 97,5 % tapahtui vuonna 2014 kestopäällystetyillä tai öljysorateilla ja vain 2,5 % sorateilla. Vuonna 2014 päällystettiin 2428 km maanteitä eli vajaa 5 % kaikista päällystetyistä maanteistä (Liikennevirasto 2015 g).

Maanteistä on valtateitä 8 602 km, kantateitä 4 727 km, seututeitä 13 609 km ja yhdysteitä 51 133 km. Maanteiden henkilöliikennesuorite on vuosittain noin 49 mrd. henkilökilometriä ja tavaraliikennesuorite on noin 24 mrd. tonnikilometriä. Liikenneviraston julkaisussa Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030 on ennustettu tieliikenteen kokonaissuoritteen kasvavan 23 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2012 vastavaan verrattuna. Tieluokittain erot eivät ole suuria vaan liikenne tulee lisääntymään kaikilla tieluokilla samankaltaisesti. (Liikennevirasto 2015 g, 2014 a).

Maantielaissa edellytetään, että maantie on pidettävä yleistä liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Kunnossapidon tason määräytymisessä otetaan huomioon liikenteen määrä ja laatu, tien liikenteellinen merkitys, säätila sekä muut olosuhteisiin vaikuttavat tekijät. Maanteiden kunnossapidossa lähdetään siitä, että liikenne on turvattava kaikissa olosuhteissa liikenteen tarpeet huomioiden. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2006.)

Kunnossapidon tehtäviä ovat mm. teiden talvihoito, päällystäminen, siltojen korjaus, sorateiden hoito, tienvarsien niitto sekä varusteiden ja laitteiden, kuten pysäkkikatosien ja liikennemerkkien kunnossapito. Maanteiden kuivatukseen liittyviä kunnossapidon tehtäviä ovat mm. sivu- ja laskuojien perkaukset, rumpujen huolto ja uusiminen sekä äkillisiin tulviin liittyvät tehtävät (ELY -keskus 2015, Liikennevirasto 2015 b). Maanteiden kuivatuksen kunnossapito kuuluu pääosin alueurakoissa tehtäviin töihin (kuva 1). Lisäksi kuivatuksen kunnossapitoa saatetaan jossain määrin tehdä erillisurakoissa, mutta nykyisessä rahoitustilanteessa erillisurakoita ei juurikaan tehdä.

Kunnossapitoa ohjaa maantielaki, jossa todetaan, että maantie on pidettävä yleistä liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Kunnossapidon suunnittelussa otetaan huomioon mm. tien liikenteellinen merkitys, liikenneturvallisuus ja ympäristönäkökohdat (LVM 2006).





Pintakuivatuksen keskeisimmät osat ovat tien pituus- ja sivukaltevuus, vettä läpäisemättömät tierakenteen pintamateriaalit, sivu-, niska- ja laskuojat, sisä- ja ulkoluiskat, sadevesiviemärit sekä muut koururakenteet. Tien riittävä pituus- ja sivukaltevuus ohjaa veden tien pinnalta sivuojiin, joista koko tiealueen vedet puretaan laskuojaan, viivytysaltaisiin tai muihin mahdollisiin purkupaikkoihin. Niskaojat vähentävät tiealueen ympäristöstä sivuojille tulevan veden määrää ja vähentävät siten osaltaan tarvetta syventää sivuojia. (Liikennevirasto 2013 b.)

Alusrakennetta kuivatetaan harvoin, koska se on kallista ja tehotonta (Ahosuo 2013). Tien päällyste on vilkkaasti liikennöidyillä teillä ideaalitapauksessa vettä läpäisemätön, mutta käytännössä siinä on aina erisuuruisia halkeamia joiden kautta vesi pääsee sitomattomiin rakennekerroksiin. Alemman luokan teiden päällysteet eivät ole uusinaan vesitiiviitä (Ehrola 1996). Tämän lisäksi tierakenteeseen pääsee vettä luiskista, joita ei ole rakennettu vettä läpäisemättömiksi. Ajoradan molemmille puolille tarvitaan yleensä avo-oja, salaoja tai penkereen luiska johon vajovesi pääsee johtumaan tierakenteesta (Tielaitos 1993).

### ***Haastattelujen tulokset maanteiden kuivatusjärjestelmään liittyen:***

#### ***Pintakuivatus***

*Tärkeimpinä toimina ajoratojen pintakuivatuksen huolehtimisessa nähtiin reunapalteiden poisto ja sadevesikaivojen toimivuus (mitoitus ja kunnossapito). Pitkään laiminlyöty reunapalteiden poisto lisää tarvittavaa työmäärää ja toimenpiteeseen saatetaan tarvita jopa erikoiskalustoa. Reunapalteiden poisto kuuluu normaaleihin alueurakan töihin päällystetyllä tieverkolla osana sorapientareiden kunnossapitoa ja sorateillä osana sorastusta ja avo-ojien kunnossapitoa.*

*Toinen pintakuivatukseen liittyvä haastatteluissa esille tullut ongelma oli siltojen sadevesikaivojen toimimattomuus tietyissä paikoissa. Joihinkin siltoihin on asennettu vallitsevan mitoituskäytännön mukaisia sadevesikaivoja, jotka ovat käytännössä todettu toimimattomiksi. Sateen aikana vesi kertyy ajoradalle ja aiheuttaa liikenteelle vaaratilanteita. Vaikka kaivot olisivat vesimäärään suhteutettuna riittävän kokoisia, on huomioitava, että pienet kaivot ovat tukkeutumisherkempiä verrattuna suurempiin kaivoihin.*

#### ***Yksityistieliittymien rummut***

*Haastateltavien mukaan yksityistieliittymien rumpujen yleinen kuntotaso aiheuttaa maantieverkon kuivatukselle suuria ongelmia. Vastuu yksityistieliittymän omistajan kunnossapidosta on kaikilta osin tienpitäjällä (esim. tiekunta), sisältäen rummun kunnosta huolehtimisen. Haastatteluissa ilmeni, että joissain tapauksissa liittymistä puuttuu rumpu kokonaan tai rumpu on liettynyt tukkoon. Talvella ongelmia aiheuttaa yksityistieliittymien rumpujen jäätymisestä aiheutuva veden padotus.*

*Useissa alueurakoissa yksityistieliittymän omistajalle on tarjottu mahdollisuutta rummun vaihtamiseen vähin kustannuksin ja työpanoksin. Ojituksen yhteydessä urakoitsija vaihtaa vanhan yksityistieliittymän rummun uuteen, mikäli liittymän omistaja toimittaa uuden rummun tienvarteen. Yksitystien pitäjälle kustannuksia muodostuu vain rummun hankinnasta. Joissain urakoissa yksityisteiden tienpitäjät ovat hyödyntäneet tätä mahdollisuutta hyvinkin paljon ja joissain urakoissa on hyödynnetty vain vähän.*

*Yleistä on, että yksityisteliittymien tukkeutuneita rumpuja joudutaan avaamaan alueurakoitsijan toimesta, kun haitta päätielle on riittävän suuri. Yksityisteliittymien rummut nähdään tärkeänä osana maanteiden kuivatusjärjestelmää ja siten niiden hallinnointi pitäisi olla haastateltavien mukaan yksiselitteisesti tienpitäjän vastuulla. Tämä vaatisi lainmuutoksen, mutta tällä saavutettaisiin parempi kuivatusjärjestelmän kokonaisuuden hallinta.*

#### Pääteiden rummut

*Haastateltavien mukaan tieverkolla on paljon myös huonokuntoisia pääteiden rumpuja. Ongelmia aiheuttavat etenkin läpiruostuvat aaltopeltirummut sekä liitoksista aukeavat betonirummut. Auenneissa betonirummuissa uhkaa niiden nopea liettyminen ja siten tukkeutuminen. Molemmat edellä mainituista aiheuttavat etenkin keväisin pieniä sortumia. Esim. Seinäjoen hoidon alueurakassa oli keväällä 2015 neljä pientä sortumaa, jotka kaikki johtuivat auenneista betonirummuista. Betonirumpujen liitoksien aukeamisen estämiseksi on aikojen saatossa kehitelty erinäisiä keinoja, joista yleisin lienee reunimmaisten elementtien sitominen tosiinsa kiinni harjaterästen avulla. Osa haastateltavista piti järkevänä koko rummun elementtien sitomista tosiinsa kiinni.*

*Jäätyneet rummut ja sivuojiin muodostuva paannejää aiheuttaa etenkin Lapissa, mutta myös muualla Suomessa merkittäviä ongelmia. Paannejään todettiin olevan ongelma esimerkiksi alikulkukäytävissä, joihin keväisin valuva sulamisvesi jäätyy. Käytännössä edelleen ainut käytettävissä oleva keino jäätyneen rummun avaamiseen on höyrykehittimen käyttö. Höyryllä avaaminen on kallista mm. kohteiden hajanaisen sijainnin vuoksi ja höyrytyöskentelyn edellyttämän lisätyöpanoksen vuoksi.*

*Haastatteluiden mukaan hyödynnettävissä olevia keinoja paannejään vähentämiseksi sivuojoissa, rummuissa ja alikulkukäytävissä ovat mm. rumpukoon suurentaminen, ilmansuuntien parempi huomioon ottaminen rumpuja ja alikulkukäytäviä suunniteltaessa (pienempi kaltevuus auringon puolelle) sekä yleisesti parempi kuivatusjärjestelmien kunto. Paannejään muodostumisen voidaan ennakoida olevan aikaisempaa suurempaa tilanteissa, joissa maantien läheisyydessä olevalle rinteelle tehdään avohakkuu, josta lumet sulavat nopeammin kuin maantien sivuojoista ja rummuista, jotka ovat varjossa. Hyvästä kuivatuksen kunnosta huolimatta kallioleikkauksissa on suuri riski paannejään muodostumiseen. Paannejäää muodostuu, koska vettä valuu kallioleikkauksen seinämästä ja kallioleikkauksen päältä. Päältä valuvan veden määrää voidaan vähentää rakentamalla kallioleikkauksen päälle niskaoja.*

*Myös rummuista kerättyjen tietojen puutteellisuutta pidettiin ongelmallisena. Tierekisterissä olevien rumpujen sijaintitieto sekä kuntotieto eivät monen mielestä ole nykyisellään riittävän hyvällä tasolla. Etenkin suunnittelijat kokivat että kuivatussuunnitelmaa tehtäessä on edelleen mentävä paikalle tarkastamaan rummun sijainti ja sen kunto*

#### Syväkuivatusjärjestelmät

*Syväkuivatuksella tarkoitetaan useimmiten putkisalaojia ja niihin liittyviä tarkastuskaivoja, mutta myös suotosalaojia on tehty moniin paikkoihin. Salaojat ovat ongelmallisia kuivatuksen kunnossapidon kannalta, koska sijaintitieto niistä on usein vuosien saatossa kadonnut. Putkisalaojien tukkeutumisherkyydestä oli eri näkemyksiä. Joidenkin haastateltavien mielestä virtaava vesi ei päästä salaojaputkea tukkeutumaan ja siten hoitamatonkin salaoja voi toimia pitkään. Yhtä mieltä oltiin kuitenkin siitä että syväkuivatusjärjestelmistä tarvitaan jatkossa nykyistä järjestelmällisemmin kerätty sijaintitieto.*

Tällä hetkellä kartoittamattomia syväkuivatusjärjestelmiä korjataan ja hoidetaan ta-pauskohtaisesti, kun sellainen löydetään. Usein voidaan päätellä, että tietyssä kohdas-sa tietä tulisi olla salaoja, jolloin asia voidaan muiden korjaustoimenpiteiden yhteydes-sä tarkastaa. Esimerkiksi valtateillä leikkausluiskista löytyy usein salaojia, jolloin ne kaivetaan auki ja puhdistetaan. Jos kohteita ei ole ollut tilaajan tiedossa niin niitä ei ole myöskään urakkapapereihin merkitty, mikä tarkoittaa että tehtävät työt ovat lisätyötä. Paremmalla inventointitiedolla todettiin olevan monia hyötyjä, mutta toisaalta suu-ruusluokaltaan kovin mittavasta ongelmasta ei todettu olevan kyse.

### Sivuoajat

Lähes kaikissa haastatteluissa huolenaiheeksi nostettiin vähäliikenteisten päällystetty-jen teiden kuivatuspuutteet. Vähäliikenteisillä päällystetyillä teillä ei ole vastaavaa oji-tuskiertoa kuin sorateillä. Haastateltavien mukaan monilla tällaisilla teillä ei ole tehty sivuoajien kunnostusta tien rakentamisen jälkeen, mistä johtuen ojan pohjan korko saat-taa olla jopa tien tasausviivaa ylempänä. Kasvillisuus ojissa voi olla niin tiheää, että ennen ojitusta tarvitaan erillistoimenpiteitä puuston karsimiseksi. Haastateltavien mu-kaan edellytykset ojituskierron aloittamiseksi päällystetyllä tieverkolla tulisi tutkia ja samassa yhteydessä tulisi kartoittaa kriittisimmät kohteet, joissa päällyste on vielä hy-vässä kunnossa.

Osa haastateltavista piti myös ongelmana ylisyvien ojien tekemistä. Johtuen hoidon ja ylläpidon vähäisestä ja edelleen vähenevästä rahoituksesta, pelättiin että kiusaus tehdä kerralla normaalia syvempiä ojia pitkän ajan kustannuksiin vedoten voi olla suuri. Ylisyvät ojat aiheuttavat mm. luiskien stabiileittiongelmaa, liikenneturvallisuusriskin sekä routimisen edellytykset paranevat. Ojituksessa tulisi noudattaa siihen olemassa olevia ohjeita.

### Laskuoajat

Laskuoajien kunnossapito koettiin merkittäväksi ongelmaksi topografialtaan tasaisilla alueilla, jolloin laskuoajat ovat pitkiä ja kaltevuudet niissä pieniä. Hoidon alueurakoissa voidaan perata laskuoja 20 metrin matkalta tien reunasta, mikä pitkissä laskuoajissa ei ole käytännössä riittävä matka. Jos koko laskuoja halutaan perata ja ojan alueella on useampia maanomistajia, on ratkaisu usein ojitustoimitus. Ojitustoimitus ei sovellu esim. äkillisiin tulvatilanteisiin, minkä vuoksi urakoitsijalla on oikeus perata laskuoja tilanteessa, jossa veden nousu uhkaa aiheuttaa henkilö- tai materiaalivahinkoja.

ELY-keskuksien käytännöissä on keskinäisiä eroavaisuuksia laskuoajien kunnostuksen suhteen. Haastateltavien mukaan laskuoajien toiminnollisuuden kannalta olisi yksiselit-teistä, että niiden hoito kuuluisi tienpitäjälle, mutta samalla todettiin, että ei ole talou-dellisesti realistista siirtää tätä tehtävää tienpitäjälle. Sen sijaan mahdollisuutta tehdä tarkasti valittuja ennakoivia laskuoajien kunnostustoimenpiteitä ilman ojitustoimitusta tai maanomistajan lupaa tulisi harkita ja tutkia.

## 2.3 Kuivatuksen suunnittelu hankkeissa

Tierakenteeseen kohdistuvat ympäristökuormitukset voidaan jakaa kolmeen päätekijään: lämpötila, vesi ja routa (Ehrola 1996). Kosteus tien pinnalla vaikuttaa päällystetyllä tiellä asfalttipäällysteen toimintaan ja sen kestävyys. Sorateillä vesi aiheuttaa mm. pinnan reikiintymistä (Ehrola, 1996). Tierakenteessa oleva vesi vaikuttaa pääasiassa sitomattomiin rakennekerroksiin (Ehrola, 1996) heikentäen rakenteiden kantavuutta ja lisäten routivuutta. Väylien päällysrakenteiden ja pohjamaan huokosissa olevan veden voidaan sanoa olevan pääsyy teiden vaurioitumiseen ja palveluvyvyn heikkenemiseen (Roadex 2015).

Maanteiden kuivatuksen suunnittelu tehdään Liikenneviraston kuivatuksen suunniteluohjeen mukaisesti. Investointihankkeissa kuivatuksen suunnittelu on osa tie- ja rakennussuunnitelmaa. Kuivatusratkaisut määritetään kuitenkin alustavasti jo yleissuunnitteluvaiheessa ja ne tarkentuvat suunnittelun edetessä. Kuivatuksen suunniteluohjetta käytetään myös kuivatuksen kunnostushankkeissa. Tärkeimmät kuivatuksen suunnittelua ohjaavat lait ovat laki tulvariskien hallinnasta, vesilaki ja ympäristönsuojelulaki sekä maantielaki (Liikennevirasto 2013 b).

Kuivatuksen suunnittelussa varautuminen tulviin ja niistä aiheutuviin ongelmiin tehdään Liikenneviraston ohjetta LO 5/2013 soveltamalla. Tällä hetkellä kattavin tieto maanteiden tulvakohteista suunnittelun tueksi löytyy Liikenneviraston Tierekisteristä, johon on tietolajille 157 kerätty maanteiden tulvariskialueita koko Suomen maantieverkolta. Lisäksi muissa virastoissa kerättyä tulvatietoutta voidaan hyödyntää myös maanteiden tulviin varauduttaessa. Käytännössä edellä mainittuja tietoja tulee suunnitteluhankkeissa täydentää esim. ELY -keskuksien hoidon ja ylläpidon aluevastaavia haastattelemalla.

Kuivatusjärjestelmien suunnittelussa ja niihin liittyvien rakenteiden mitoituksessa on ohjeistuksessa otettu ilmastonmuutoksen kannalta riskiperusteinen tarkastelunäkökulma (Liikennevirasto 2013 b). Ilmastonmuutokseen liittyy paljon muuttujia ja sen vaikutuksista on esitetty useita eri skenaarioita riippuen sopeutustoimien ja päästöjen ennustetuista kehityksistä. Kuivatusjärjestelmiä suunniteltaessa ei ole mahdollista jo pelkästään taloudellisista syistä lähteä varautumaan pahimman skenaarion mukaan. Ei voida myöskään tehdä toimenpiteitä joka puolella yhtä laajasti tai samoilla mitoituskriteereillä.

Kuivatuksen suunnittelijan täytyy selvittää hankkeeseen liittyvät olosuhteet ja tunnistaa riskit (Liikennevirasto 2013 b). Riskien arvioimiseksi tarvitaan perusteellisia lähtötietoja. Jatkossa esim. äkillisten rankkasateiden aiheuttama paikallinen veden virtausnopeuden hetkellinen kasvu saattaa aiheuttaa rakenteille haitallista eroosiota. Tämän ennustamiseksi tarvitaan tietoja mm. ojien geometriasta, virtaamista ja valuma-alueista (Tiehallinto 2007). Maastotietojen hankinta -ohje toimii tilaajan apuvälineenä maanteiden kuivatuksen suunnittelussa käytettävien maastotietojen hankinnassa. Ohjeessa on kuvattu kunkin suunnittelukokonaisuuden edellyttämät maastotiedot ja ohjeistettu niiden hankintaan ja soveltamiseen liittyvissä toiminnaissa (Liikennevirasto 2011 b).

Kuivatusrakenteet voidaan mitoittaa joko kokemusperäisesti tai mitoitusvirtaamien avulla riippuen valuma-alueen koosta. Mitoitusvirtaaman laskentaan on olemassa kaksi tapaa, joista määrittävin valitaan suunnitteluperusteeksi. Mitoitusvirtaama lasketaan joko rankkasateen tai lumen sulamisvirtaaman mukaan (Liikennevirasto 2013 b).

## 2.4 Kuivatuspuutteet ja niiden vaikutukset

Kuivatusjärjestelmien toimimattomuuden tierakenteeseen aiheuttamat rakenteelliset ongelmat, kuten pintakelirikko ja painumat, korostuvat vähäliikenteisillä päällystetyillä teillä sekä sorapintaisilla teillä. Nämä tiedot on usein perustettu riittämättömin rakennekerroksin ja vuosien saatossa niihin on kertynyt kunnossapidossa korjausvelkaa. Rakenteet ovat herkkiä kosteudesta aiheutuville vaurioille (Liikennevirasto 2010).

Tierakenteessa oleva vesi voidaan karkeasti jakaa vapaaseen ja sidottuun veteen. Yleisimmät vapaan veden haitalliset vaikutusmekanismit tierakenteeseen ovat kantavuuden aleneminen ja rakenteen routimisherkkyyden lisääntyminen. Kantavuuden alenemisen seurauksena tierakenne urautuu ja painuu, mistä aiheutuu epätasaisuuksia ja halkeamia. Rakenteen routiminen näkyy roudanaikaisina ja pysyvinä epätasaisuuksina ja halkeiluina. Sidotun veden haitallisimmat seuraukset liittyvät yleisesti routimiseen, deformaatioherkkyyteen ja eroosioon mitkä johtavat mm. päällystevaurioihin ja pysyviin muodonmuutoksiin. Ainoastaan vapaan veden määrään voidaan vaikuttaa kuivatuksen keinoin. (Tiehallinto 2005.)

Routivan alusrakenteen jäätyessä tiehen muodostuu routanousuja ja rakenteen sulassa tien kantavuus alenee. Routimisen tasaisuus riippuu alusrakenteen ominaisuuksista tien pituus- ja poikkisuunnassa. Lisäksi tierakenteessa olevat epäjatkuvuuskohdat, kuten rummut, salaojat ja putkijohdot, aiheuttavat usein epätasaisia routanousuja, erityisesti jos varusteiden ja laitteiden asentamisessa ei ole esim. käytetty routakiiloja. (Ehrola 1996.)

Routanousujen synnyttämä teiden epätasaisuus ilmenee heittoina ja kohoumina tien pituussuunnassa. Routanousuista aiheutuvat halkeamat ovat pituus- tai poikkisuunnaisia, vinoja ja epämääräisiä ajokaistahalkeamia, jotka ulottuvat tierakenteessa usein päällystettä syvemmälle. Halkeamat lisäävät veden liikkumista tienpinnalta alempiin tiekerroksiin. Lisäksi halkeama muodostaa tiehen kantavuutta heikentävän epäjatkuvuuskohdan. (Ehrola 1996.)

Tehokkaalla ja kaikissa olosuhteissa toimivalla kuivatuksella voidaan parantaa tien kestävyyttä. Kuivatuksen merkityksen voidaan katsoa olevan suurimmillaan tilanteissa, joissa olosuhteet ovat muuten epäedulliset. Suuri vesipitoisuus pienentää sitomattomien materiaalien moduuleja ja enimmillään pieneneminen voi olla välillä 30–50 % (TPPT 1994). Merkittävin vaikutus sitomattomien materiaalien vesipitoisuudella on tien kestävyteen routimisen aikaan.

Rakenteellisten ongelmien lisäksi puutteellinen kuivatus aiheuttaa maanteille tulvia ja sortumia sekä siten lisää liikenteellisiä häiriöitä. Hulevesitulvan ja vesistötulvan aiheuttamat liikenteelliset häiriöt eroavat merkittävästi toisistaan. Esimerkiksi vesistötulvan takia saatetaan tie joutua sulkemaan pitkäksi aikaa, kun taas jäätyneen rummun aiheuttama veden padottaminen on mahdollista korjata pistemäisesti hyvin-kin nopeasti.

Ympäröivän maaston topografialla, pohjamaan maalajilla, tierakenteen materiaalilla ja varsinaisilla kuivatusratkaisuilla on vaikutusta kuivatusjärjestelmän toimimattomuuden aiheuttamiin seurauksiin tierakenteessa. Roadex IV- projektissa on todettu että kriittisten tiejaksojen kuivatusta parantamalla ja ylläpitämällä voidaan päällysteen kestoikää nostaa jopa 1,5–2-kertaiseksi. Tätä päätelmää tukevat myös Roadex 2 projektin yhteydessä tehdyt teoreettiset laskelmat. (Roadex 2015.)

## 2.5 Kuivatusongelmien korjauksissa käytettävät menetelmät

Kuivatuksen kunnostuksessa käytettävät menetelmät ovat pysyneet hyvin pitkään samanlaisina. Pääasiassa kuivatusongelmia korjataan hoitourakoissa osana normaalia urakkaa. Maanteiden kuivatusjärjestelmän kaivojen, putkistojen ja pumppaamoiden hoito ja rumpujen kunnossapito sekä avo-ojien kunnossapito on ohjeistettu urakakohtaisissa tuotekorteissa. Vakavampia kuivatusongelmia korjataan yleensä alueurakan lisätöinä tai erillisissä kunnostusurakoissa. Laajempina korjausurakoina tehdään lähinnä maanteiden rumpujen uusimisia.

Kuivatusjärjestelmän kaivojen, putkistojen ja pumppaamoiden hoitoon kuuluu sadevesi- ja salaojakaivojen sekä sadevesi- ja salaojaputkistojen tyhjennys, puhdistus ja toiminnan varmistaminen. Lisäksi keväisin tehdään rakenteiden toimintatarkastus ja tarvittaessa talviaikaan putkistojen sulatus. Pumppaamoiden osalta tehdään lisäksi pumppaamotilan lieteosaan kertyvän lietteen poisto (Liikennevirasto 2014 e). Pumppaamot ovat nykyään jatkuvassa etävalvonnassa, mutta hälytyspäivystyksestä on luovuttu.

Rumpujen kunnossapitoon kuuluu rumpujen aukaisu ja toiminnan varmistaminen. Alueurakassa korjataan ja uusitaan vuosittain sovittu metrimäärä halkaisijaltaan alle 1000 mm rumpuja. Urakoitsija tarkkailee tiestön rumpujen kuntoa ja esittää tilaajalle rumpujen korjaustarpeet. Avo-ojien kunnossapitoon kuuluu mm. huolehtia siitä että ojat eivät ole tukossa ja että vesi pääsee virtaamaan niitä pitkin rumpuihin ja laskuojiin. Ojitustyön yhteydessä urakoitsija korjaa liittymien rummut oikeaan syvyyteen ja ojalinjaan. (Liikennevirasto 2014 e.)

Tukkeutuneet, mutta muuten ehjät rummut puhdistetaan painepesuria apuna käyttäen tai perinteisesti miesvoimin. Yleisin edelleen käytettävä menetelmä umpeen jäätyneen rummun avaamisessa on höyryn avulla sulattaminen. Rummun uusimiseen päädytään tapauskohtaisesti rummun kunnan arvioinnin perusteella. Nykyisin uusissa ja korjattavissa rumpukohteissa suositetaan muovirumpuja aikaisempien vuosikymmenien teräsrumpujen sijaan. Kuitenkin yli 600 mm rumpukohteisiin käytetään edelleen enimmäkseen teräs- ja betonirumpuja. Syynä tähän on suurten muovirumpujen suhteellisesti korkeampi hinta. Tavoiteltaessa esimerkiksi pienempää peitesyvyyttä voidaan käyttää betonirumpuja. Ongelmia saattaa aiheuttaa betonielementtien irtoami-

nen toisistaan, mikä aiheuttaa yläpuoliselle tielle halkeilua ja pahimmassa tapauksessa aina rumpuun saakka ulottuvia kuoppia.



Kuva 2. Rummun aukaisua höyrykehittimen avulla (Liikennevirasto 2015 f)

Pienemmissä rumpujen uusimiskohteissa tie kaivetaan rummun kohdalta auki, vanha rumpu poistetaan ja uusi rumpu asennetaan paikoilleen. Edellisen kaltaisessa tapauksessa tie voidaan usein palauttaa ainakin osittain liikenteelle noin tunnin sisällä töiden alkamisesta, jolloin viimeistelytyöt tehdään yksi kaista kerrallaan. Vilkasliikenteisillä teillä olevat rummut joudutaan usein poraamaan tierakenteen läpi, koska tien auki kaivaminen aiheuttaisi liian suurta haittaa liikenteelle. Tämä on rakentamiskustannuksiltaan kalliimpi vaihtoehto, mutta ei aiheuta liikenteelle häiriötä. Mikäli rummun kokoa on mahdollista pienentää, voidaan vanhan rummun sisään asentaa uusi rumpu, jolloin vältetään liikenteellisiltä häiriöiltä ja kustannukset pienenevät oleellisesti verrattuna vaakaporaukseen.

Huonokuntoisten ja tukkeutuneiden rumpujen lisäksi kuivatuksellisia ongelmia aiheuttavat tukkeutuneet sivu- ja laskuojat. Käytännössä ojien perkaaminen tapahtuu kaivinkoneella, jolla ojat luiskataan haluttuun kaltevuuteen ja syvyyteen. Joskus ojissa pinnassa oleva kallio on räjäytettävä tai muuten rikotettava, jotta vesi pääsisi vapaasti kulkemaan. Sivuojien hoito on hallinnollisesti selvää koska tienpitäjä omistaa tien reuna-alueet ja ei siten tarvitse erillistä lupaa ojien perkaamiseen. Laskuojat puolestaan kulkevat usein monien eri maanomistajien mailla ja niiden perkaaminen vaatii joko sopimuksen kaikkien kiinteistöjen omistajien kanssa tai ojitustoimituksen, jossa käsitellään mm. ojitussuunnitelma, kustannusarvio ja kustannusten jakautuminen. Koko kuivatuksen toimivuuden kannalta laskuojien merkitys on kuitenkin erittäin suuri.

Reunapalteet poistetaan yleensä muun ojituksen yhteydessä tai sorateillä tien kuluskerroksen muokkauksen ja muotoilun yhteydessä. Reunapalteet eivät saa estää veden vapaata virtausta sivuojiin. Päällystetyillä teillä sorapiennar ei saa kuitenkaan jäädä alemmaksi kuin 20 mm päällysteen pinnasta. Irrotettua reunapalletta ei saa jättää tasaamattomana tien luiskiin, vaan tarvittaessa se on kuljetettava pois luiskasta. (Liikennevirasto 2014 e.)





*Kuva 3. Tien pintakuivatusta parannettu alemman luokan päällystetyllä tiellä reunapalteet poistamalla (maantie 612)( Destian arkisto 2015).*

Tulvien aiheuttamien vahinkojen korjaaminen riippuu paljon vahinkojen laajuudesta ja vauriotyypeistä. Tulviin varauduttaessa rumpujen ja ojien toimintavarmuus tarkistetaan ja tarvittaessa korjataan toimimattomia kohtia. Toistuvasti jäätyvän rummun aiheuttamaa tulvimista voidaan ennaltaehkäistä esim. rummun kokoa suurentamalla, aina tosin tämäkään ei toimi. Suurempia esim. vesistöjen tulvimisesta liikenteelle ja tierungolle aiheutuvia haittoja pyritään ehkäisemään tien tasausviiva nostamalla. Tien tasausviivan nostaminen lyhyelläkin tien osuudella on suhteellisesti kallista eikä siihen ole varaa tällä hetkellä tarvittavissa määrin.

## 2.6 Kuivatuksen kunnostuksen hankinta

Kuivatusjärjestelmien kunnossapitoa on linjattu mm. Liikenneviraston liikenneympäristön ja varusteiden kunnossapidon toimintalinjoissa vuodelta 2010, jossa on määritetty kuivatusjärjestelmät ja niiden kunnossapito erikseen sorateiden ja päällystettyjen teiden osalta. Toimintalinja kuvaa tavoiteltavan palvelutason ja siinä on annettu puitteet toteutukseen, laatuvaatimuksille, suunnittelulle ja ohjelmoinnille

Liikenneviraston vuosittain alueurakoita varten julkaisemat hoidon ja ylläpidon tuotekortit yksilöivät hoidon ja ylläpidon alueurakkaan kuuluvat kokonaishintaperusteiset työt ja niiden laatuvaatimukset. Niissä määrätään mm. kuivatusjärjestelmän kaivojen, putkistojen ja pumppaamoiden hoidosta sekä rumpujen ja avo-ojien kunnossapidosta ja näihin liittyvistä laadullisista vaatimuksista. Tämän lisäksi urakkakohtaisissa sopimuksissa saattaa olla lisäyksiä vaadittaviin toimenpiteisiin ja niihin liittyviä työkohtaisia tarkennuksia. Edellä kuvattujen asiakirjojen lisäksi Liikennevirastolla on huomattava määrä kunnossapitoon liittyvää lisäohjeistusta, esimerkiksi vuonna 2014 valmistunut sorateiden kunnossapitoa käsittelevä ohje. Työtä kirjoitettaessa on myös

tekeillä kuivatuksen kunnossapidon ohje, joka tulee valmistumaan vuoden 2015 aikana. Kyseisen ohjeen lähtökohtana on ollut kuivatuksen kunnossapidon saaminen suunnitelmallisemmaksi paremmalla lähtötilan tuntemisella ja tarkemmilla toteumatietojen kirjaamisella.

Tässä työssä käsitellään yksityisteiden kuivatuksen kunnossapitoa ainoastaan maantiehen liittyvien yksityisteiden osalta, sillä huonokuntoinen yksityisliittymä heikentää myös maantien kulkukelpoisuutta. Erityisesti yksityistielähtymän rumpujen kunnolla on vaikutus myös päätien kuntoon liittymän kohdalla. Yksityistielähtymien kunnossapito kuuluu yksityistien omistajalle, mutta rumpujen vaihtamiseen on yleensä saatavilla apua alueen hoidon urakoitsijalta (Liikennevirasto 2013 a).

Kuivatuksellisia kunnostustoimenpiteitä tehdään sekä hoito- ja ylläpitourakoissa, mutta yleisempää on kuivatuksen toimenpiteiden hankinta hoidon alueurakoissa (Ahosuo 2013). Tien kuivatukseen ja kulutuskerrokseen liittyvät hoidolliset tehtävät ovatkin keskeisimpiä sorateiden kunnossapitotehtäviä (Liikennevirasto 2015 f).

Kuivatus- ja kunnostustarvetta arvioidaan tiestön tarkastuksen yhteydessä tehtävien havaintojen perusteella (Liikennevirasto 2010). Tiestötarkastuksien määrä ja laatu on määritelty urakkasopimuksissa. Usein tiestötarkastukset tehdään yhden viikon välein tienhoitoluokissa Is, Ib ja Iib ja kahden viikon välein muilla teillä. Kuivatussuunnitelmaa laadittaessa (kunnossapitokohteiden priorisointi) otetaan huomioon mm. tien pysty- ja vaakageometriassa tapahtuneet muutokset, tien liikenteellinen merkitys ja mahdolliset tieosuuksille kohdennetut painorajoitukset. Kunnossapitoa tulee tehdä säännöllisesti ja esimerkiksi keväisten vesihaittojen minimointi edellyttää ennakoivien kunnossapitotoimenpiteiden tekemistä. (Liikennevirasto 2013 b.)

## 2.7 Maanteiden kuivatuksen hallintajärjestelmät

Hallintajärjestelmällä tarkoitetaan omaisuuden hallintaan ja toiminnan suunnitteluun tarkoitettua tietojärjestelmää tai järjestelmäkokonaisuutta. Hallintajärjestelmän kokonaisuuteen voivat kuulua esimerkiksi tarkastustoiminnan käytännöt, toimenpideohjelmoinnin työkalut sekä kuntoarvioiden laatimismenetelmät. Hallintajärjestelmä on apuväline, jota käytetään omaisuuden hallinnan analyysien ja päätöksenteon apuna. Hyvä hallintajärjestelmä on helppokäyttöinen ja se yhtenäistää, systematisoi ja tehostaa omaisuuden hallintaa. (Liikennevirasto 2011 d.)

Kuivatukseen liittyvällä tiedonhallinnalla tarkoitetaan kuivatusjärjestelmistä ja kuivatuksen kunnosta kerättävää tietoa, sen prosessointia ja jatkohyödyntämistä. Käytännössä tarkoitetaan prosessia, jossa urakoitsija kerää hoito- ja ylläpitotoimista toimenpidetietoa, jota tilaaja osittain tallentaa omiin järjestelmiinsä ja edelleen hyödyntää esim. toimenpiteiden suunnittelussa. Tallennetun tiedon hyödynnettävyys on riippuvainen tiedon laadusta, sen saatavuudesta, käsiteltävyydestä sekä käyttötarpeesta. Tietoja tarvitaan sekä kunnossapidon toimenpiteiden kohdentamiseksi oikein ja kustannustehokkaasti että toimenpiteiden toteutumisen etenemisen seurantaan. Toimenpidetietoa voidaan hyödyntää myös muussa suunnittelussa. (HMEP 2012.)

Maanteiden kuivatuksen hallinnassa tarvittavia tietoja ovat kuivatusjärjestelmistä kerätyt sijainti- ja järjestelmätiedot (materiaali, koko jne.), järjestelmien kuntotieto sekä normaalin ja äkillisten hoitotöiden toteumatiedot. Hoidon ja ylläpidon tuotekorteissa on erikseen määrätty ne kuivatusjärjestelmän osat, joista inventoidaan kuntotietoa sekä vaatimukset inventoinnin suorittamiselle (Liikennevirasto 2015 e).

Toimiva ja tarkoituksenmukainen maanteiden kunnossapito edellyttääkin tilaajalta ja urakoitsijalta tiivistä molemminpuolista tiedonvaihtoa. Oikea-aikainen reagointi nopeasti muuttuviin tilanteisiin vaatii lähes reaaliaikaiseen tiedonvälitykseen kykenevän tietojärjestelmän, jossa rajapinnat muihin tietojärjestelmiin on mahdollista toteuttaa tarvittavissa määrin avoimina. ELY-keskukset edellyttävät, että tilaajalla on alueurakoissa käyttöoikeus urakoitsijoiden omiin operatiivisiin tieto-/seurantajärjestelmiin. Lisäksi tilaaja edellyttää urakoitsijaa joissain tapauksissa luovuttamaan järjestelmän sisältämää tietoa julkisille web-sivuille. Tavoitteena tiedon julkistamisessa on lisätä tienkäyttäjien mahdollisuutta seurata kunnossapidon etenemistä alueella.

### ***Haastattelujen tulokset maanteiden kuivatuksen hallintajärjestelmiin liittyen:***

#### ***Kuivatusjärjestelmistä kerättävien tietojen yhteiskäyttö ja hyödyntäminen***

*Kuivatusjärjestelmiä ja niiden kuntoa inventoidaan normaaleina toimenpiteinä hoidon alueurakoissa sekä erikseen tehtävinä erillisinventointeina. Urakoitsija kirjaa suoritettut hoitotoimenpiteet omaan toiminnanohjausjärjestelmäänsä, josta osa tiedoista siirtyy AURA-järjestelmään. AURA-järjestelmän ja urakoitsijan toiminnanohjausjärjestelmän tietoja ei kuitenkaan ole mahdollista hyödyntää kun arvioidaan kuivatusjärjestelmään kuuluvia osia tai niiden kuntoa.*

*Ongelmana on, että osa kuivatuksesta kerättävästä tiedosta on urakoitsijoiden omissa toiminnanohjausjärjestelmissä ja osa tilaajan tietojärjestelmissä. Alueurakoissa aluevastaavilla on mahdollisuus tarkastella urakoitsijan järjestelmiä, mutta seuranta näin ei ole ajankäytöllisesti tehokasta, eikä se toimintatapana luo edellytyksiä parempien päätösten tekemiseen esim. kunnostuskohteita valittaessa. Lisäksi toteumatiedot ovat operatiivista toiminnan ohjaus- ja seurantatietoa eivätkä ne siirry toiminnanohjausjärjestelmistä Liikenneviraston perusrekistereihin, kuten tierekisteriin, josta niitä voitaisiin hyödyntää mm. tien elinkaarta tarkasteltaessa ja toimenpiteitä suunniteltaessa. Kuivatuksen järjestelmäkokonaisuudessa on myös vaikea seurata kuivatuksen kunnossa tapahtuvia muutoksia ja siten paremmalla tilannekuvalla tehdä oikea-aikaisia, rahatilanteen salliessa jopa ennakoivia toimenpiteitä.*

*Historiatietojen puute koettiin merkittäväksi ongelmaksi etenkin tulvatiedon ja kuivatuksen kustannuksiin liittyvän tiedon osalta. Esimerkiksi tulvista johtuvat urakoitsijan toimenpiteet kirjataan urakassa järjestelmiin äkillisinä hoitotöinä eikä niitä siten voida jälkikäteen erotella muista vastaavista hoitotöistä. Etenkin tulvista todettiin, että paremmalle historiatiedolle olisi tarvetta. Toisaalta joissain ELY-keskuksissa tietoja on jo pidemmän aikaa kerätty ja tulvista tehty erillisiä raportteja. Yhtenäisillä ELY-keskuksien toimintatavoilla voitaisiin luoda paremmat edellytykset pitkäaikaisten vaikutusten seuraamiseen ja ongelmakohtien priorisointiin. Näin luotaisiin paremmat mahdollisuudet perustellumpien korjausinvestointien toteuttamiseen.*

Laajemmalti ajateltuna ongelmaksi kuivatuksen tiedonhallinnassa koettiin yhtenäisen tietojärjestelmän puuttuminen sekä ELY-keskuskohtaiset eroavaisuudet kuivatusjärjestelmistä kerättävien tietojen vaatimuksissa. Ajantasainen tieto ei ole hyödynnettävissä tilaajan päätöksenteossa, vaan tietojen päivittyminen tietyiltä osin koettiin olevan hidasta ja siihen liittyvän prosessin kankea. Tiedonkulun ongelmien katsottiin heikentävän työtehokkuutta. Lisäksi manuaaliset työvaiheet ja esim. sähköpostin käyttö tiedon välityksessä aiheuttavat tietojen muuttumista ja osa tiedoista jää kokonaan kirjaamatta.

Tilaajan, urakoitsijan, ja suunnittelijan edustajien mukaan tierekisteri ei ole rekisterinä sellainen, että sen käyttö olisi vaivatonta ja että siellä olevat tiedot vastaisivat kaikilta osin rekisterin tarkoitusta sekä tiedon hakijan tarvetta. Tierekisterissä todettiin olevan paljon aineistoa, mikä osaltaan vaikeuttaa määrätyn haussa olevan aineiston löytämistä. Nähtiin, että tierekisteriä on turha nykyisestään laajentaa, vaan mieluummin parantaa nykyistä sisältöä ja sen vaivatonta käyttöä.

Hoidon ja ylläpidon välisen tiedonkulun todettiin parantuneen viime vuosina. Töiden yhteensovittamisessa olisi kuitenkin edelleen parantamisen varaa. Osakseen ongelmia todettiin aiheutuvan myös tiukentuneesta rahoitustilanteesta, mikä heikentää mahdollisuutta ennakoiden töiden tekemiseen. Erilaisia vaihtoehtoja kunnossapidon toteuttamiseksi kustannustehokkaasti on kehitelty ja esimerkiksi Pirkanmaalla on ollut käynnissä hoidon urakasta eriytetty KIMPPA-paikkausurakka, jossa poiketen aikaisemmasta tilaaja ja urakoitsija päättävät yhteistyössä paikattavat tiekohteet. Uudessa urakkamallissa hyödynnetään paikannusteknologiaa, jonka avulla saadaan huonokuntoisten päällysteiden määrästä ja sijainnista eksaktimpaa tietoa. Haastateltavat pitivät mahdollisena, että myös kuivatuksen kunnossapidon hankinnassa kokeiltaisiin vastaavaa mallia.

Laadunvalvonta alueurakoissa tulee jatkossa pohjautumaan tietoihin, joita ylläpidetään tietojärjestelmissä, koska resurssipula vähentää tilaajan mahdollisuuksia tehdä maastotarkastuksia urakoissa. Nykyisten tietojärjestelmien kehittämisen todettiin tuovan merkittäviä hyötyjä tulevaisuudessa, mutta nykyiselläänkin akuuteissa tilanteissa tietojärjestelmien todettiin olevan toimivia ja hyödyllisiä. Iso osa haastateltavista oli sitä mieltä, että hoidosta vastaavilla tilaajan ja urakoitsijan edustajilla ei ole tarpeeksi aikaa käydä maastossa arvioimassa teiden kuntoa ja niissä esiintyviä kuivatuspuutteita. Haastatteluissa koettiin, että tilaajan, urakoitsijan ja suunnittelijan yhteisillä maastokäynneillä voitaisiin parantaa tiedonvaihtoa osapuolten kesken.

#### Tietojen paikkansapitävyys perusrekistereissä ja muissa järjestelmissä

Moni haastateltava piti tierekisterin rumputietoja puutteellisina. Haastattelujen perusteella ei kuitenkaan saatu tarpeeksi kattavaa tietoa rumpujen inventointiin ja tietojen siirtämiseen tierekisteriin liittyvistä ongelmista, jotta voitaisiin tarkemmin analysoida asiaa koko maantieverkon osalta.

Esimerkiksi Pohjois-Savon ELY-keskuksessa ei tehdä nykyään täysimääräisiä varuste- ja laiteinventointeja (mm. rummut) vaan tiedot varusteista ja laitteista pyritään viemään tierekisteriin suoraan rakennussuunnitelmista. Urakoitsijan edellytetään toimittavan vähintään kerran vuodessa toteumatiedot tekemistään varuste- ja laitemuutoksista. Kaikki rumputieto viedään tierekisteriin lukuun ottamatta sivuojarumpuja. Yleisimmät ongelmat rumputiedossa ja sen siirtämisessä ovat tieosoitteessa olevat puutteet tai se että rummun halkaisijaa ei ole ilmoitettu. Rumputietoa ei suositeltu siirrettäväksi suoraan urakoitsijoilta tierekisteriin esim. tulevan Harja- järjestelmän avulla, vaan tiedon tulisi kulkea ELY-keskuksen kautta, jotta se voidaan siellä tarkastaa ja päivittää tierekisteriin vietävään muotoon.

*Hoito- ja ylläpitourakoiden alussa urakoitsijalle annettavissa tiedoissa todettiin olevan puutteita kuivatuksen osalta. Tarjouslaskentaa varten annettavien tietojen koettiin olevan pääsääntöisesti riittäviä, kun urakassa ei edellytetä kuntotason nostoa. Vaikeuksia todettiin esiintyvän urakkahinnan laskemisessa silloin, kun edellytetään kuntotason nostoa, eikä nykyhetken todellista kuntotietoa ole olemassa. Lisäksi urakan lähtötiedoissa esiintyvien puutteiden todettiin urakan toteutusvaiheessa aiheuttavan turhien, edellisen urakan kanssa päällekkäisten töiden tekemistä.*

*Enenevässä määrin teiden sivuojiin asennettavat sähkö- ja telemaakaapelit koettiin laajalti ongelmallisina myös kuivatuksen kunnossapidon kannalta. Maakaapeleiden todellinen sijainti ei läheskään aina ole suunnitelmissa esitetyn sijaintitiedon mukainen. Pahimmassa tapauksessa kaapeli saattaa olla asennettuna alkuperäisen suunnitelman sijaan toiselle puolelle tietä, ilman että lopullisiin suunnitelmiin on tehty tarvittavia päivityksiä. Joissain tapauksissa maakaapelit on asennettu määräsyvyyttä ylemmäs esim. ojassa olevasta maakivestä tai kallionokasta johtuen. Urakoissa joudutaan siirtämään väärin asennettuja maakaapeleita, jotta ojitustyö saadaan suoritettua.*

*Maakaapelit ja etenkin niiden sijaintitiedossa esiintyvät virheet hankaloittavat haastattavien mukaan huomattavasti sivuojien kunnostusta ja esim. sorateillä tehtäviä teiden kaventamisia optimileveyteen 6,0 +/- 0,25 m. Sivuojien kunnan parantaminen ilman tietoa maakaapeleiden olemassa olostä on myös selvä turvallisuusriski. Työn tekeminen maakaapeliosuuksilla on normaalia hitaampaa ja siten myös kalliimpaa. Haastattelussa esitettiin arvio, että työ voi olla maakaapeliosuuksilla kaksi kertaa normaalia kalliimpaa. Parhaimmillaan ojituskierro soratiellä on viisi vuotta, mikä tarkoittaa että maakaapeleita sisältäviä ojia saatetaan joutua ojittamaan verrattain usein. Väärin asennetuista maakaapeleista johtuvat lisätyöt ojituksen yhteydessä ovat ainakin joissain tapauksissa menneet kaapeliyhtiön maksettavaksi. Jotta urakka-asiakirjoihin voidaan yksiselitteisesti määritellä normaalista ojituksesta poikkeavalla tavalla toteutettavat kohteet, tulisi tierekisterissä tietolaji 314 (johdot ja kaapelit) olla ajan tasalla tai ajantasaiset tiedot tulisi hankkia urakkaa varten muuta kautta, kuten kaapelitietopalvelusta.*

#### Hallintajärjestelmät

*ELY-keskuksissa tehtävien organisaatiomuutoksien ja Liikennevirastossa tekeillä olevan HARJA- järjestelmän toivottiin parantavan jatkossa järjestelmällisen tiedonhallinnan mahdollisuuksia. HARJA-järjestelmästä haastateltavilla ei pääosin ollut yksityiskohtaisia tietoja, mutta monilla oli suuria odotuksia järjestelmää kohtaan.*

*Harja-järjestelmä on tilaajan järjestelmä, joka tullaan integroimaan urakoitsijoiden järjestelmiin. Se vaihtaa tietoa myös tilaajan perusrekistereiden kuten tierekisterin kanssa. Järjestelmän hyödyntäminen esim. tulvatiedon siirrossa urakoitsijalta tierekisteriin olisi perusteltua. Tiedon siirto tapahtuisi joko ajantasaisesti tai säännönmukaisesti ajoihin perustuen, minkä seurauksena siirrossa nykyisellään olevia välivaiheita karsittaisi pois. Tämä nopeuttaisi tiedon kulkua, vähentäisi turhaa työtä ja tieto pysyisi muuttumattomana aina loppukäyttäjälle asti.*



## 3 Maanteiden tulvat ja sortumat

### 3.1 Maanteihin vaikuttavat vesistötulvat

Vesistötulvalla tarkoitetaan järvessä tai joessa aiheutunutta poikkeuksellista vedenpinnan nousua. Vesistötulvalle on ominaista vedenpinnan nousun ja laskun hitaus. Perinteisesti lumen muuttuminen vedeksi keväällä on aiheuttanut suurimmat tulvat, mutta nykyään vesistötulvia esiintyy myös kesällä ja syksyllä (Tulvaseminaari 2015). Maanteiden tulvakohteista vain noin 5 % johtuu vesistötulvista (Liikennevirasto 2014 b).

Tulvatilanteessa järjestelmän vedenvälityskyky ei ole riittävä, mikä johtaa veden padotuksen ja siten vedenpinnan nousuun. Vesistötulvan ero rankkasadetulviin ei ole yksinkertaisesti määritelty, mutta erona voidaan pitää valuma-alueen kokoa ja vesistön läheisyyttä. Kevättulvan aiheuttaa usein nopea lumen sulaminen, mikä voi johtua esim. pitkittyneestä talvesta. Lisäksi jokiin muodostuvat jääpadot pahentavat tulvatilannetta. Kesätulvat johtuvat yleensä erityisen rankoista sateista tai pitkistä sadejaksoista. Syystulvat aiheutuvat erityisen pitkään kestäneestä sadekaudesta, jolloin kostea maa ei ime riittävästi vettä ja kylmentynyt ilma on vähentänyt haihduttamista. Talvitulvat aiheutuvat usein paannejäädästä tai hyydepadoista. (Tulvaseminaari 2015.)

Tulvasuojauksella ja maankäytön ohjauksella voidaan estää uusien tulvavahinkojen syntyminen. Tulvasuojauksella tarkoitetaan jo tiedossa olevien tulva-alueiden ja tulvariskialueiden tulvariskien hallintaa, jolla pyritään minimoimaan mahdollisen tulvan aiheuttamat vahingot (Tulvaseminaari 2015).

Tulvakartat ovat perusta tulvariskien hallinnalle. Niitä käytetään tulvatilanteen toiminnan suunnitteluun. Tulvariskilainsäädännön (620/2010) perusteella ELY-keskukset on edellytetty tulvakarttojen tekeminen alueille, jotka maa- ja metsätalousministeriö on nimennyt merkittäviksi tulva-alueiksi. Kartoista selviää minne tulva voi levitä (tulvakartta) ja millaista vahinkoa se voi aiheuttaa (tulvariskikartta (kuva 4)) (ELY-keskus 2015).



Kuva 4. Esimerkki tulvariskikartasta (SYKE 2015)

Tulvavahingoilla tarkoitetaan tulvasta aiheutuvia kustannuksia ja tulvahaitalla yhteiskunnan toiminnalle aiheutuneita epäsuoria kustannuksia. Maanteillä tapahtuneiden tulvien ja tulvariskin pienentämiseksi suunniteltujen toimenpiteiden kustannuksia on esitetty kappaleessa 6. Alla on esitetty Case-tapauksia maanteillä vuonna 2015 sattuneista tulvista.

### **Esimerkkejä joistain maanteihin vaikuttaneista vesistötulvista**

Vuoden 2015 kevään ja kesän laajimmat tulvat ovat olleet Pohjanmaan, Lapin ja Kainuun alueilla. Muualla maassa tulvat ovat olleet yksittäisiä tapauksia ja suuremmilta vahingoilta on välttytty.

#### **Alajärvi 08/2015, Etelä-Pohjanmaa**

Rankkasateet saivat elokuun ensimmäisenä viikonloppuna Alajärvellä aikaan ennätystulvan. Voimakkaat sadekuurot nostivat vedenpintaa huomattavasti Kuninkaanjoella ja siihen liittyvillä vesistöhaaroilla. Tulvien syntyyn vaikuttivat myös aiempien sateiden kyllästämien peltojen huono vedenjohtokyky. (ELY-keskus 2015.)

Tulvan alle jäi satoja hehtaareja peltoja ja myös pieni osa asunnoista kastui. Tulva aiheutti vaurioita maanteiden rumpuihin ja useita teitä jouduttiin katkaisemaan. Esim. Kivipuronsillalla siltarumpu sortui nopeasti virtaavan veden vaikutuksesta. Tieosuuksilla joissa liikennöinti oli mahdollista, alennettiin nopeusrajoituksia. Valtatiellä 16 kolme autoa suistui pientareelle veden pinnan äkillisestä noususta johtuen. (ELY-keskus 2015.)



Kuva 5. Paalijärventie Alajärvellä sortui osittain veden virtauksen johdosta (Ilkka.fi 2015).

### Pudasjärvi 05/2015, Pohjois-Pohjanmaa

Iijoen vesistöalueella Pudasjärvellä esiintyi toukokuussa merkittäviä tulvia. Iijoki ylitti sille asetetun tulvarajan ja vesi nousikin teille ainakin kymmenessä eri paikassa. Iijoen ennätystulva on vuodelta 1992, jolloin suurtulva aiheutti mittavat vahingot. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, silloinen ympäristökeskus rakennutti Pudasjärven keskustan suojaksi 6,5 km tulvapenkerettä vuosina 1994–2001 (Helsingin sanomat 2015)



Kuva 6. *Parkkilan silta Pudasjärvellä oli lähes välityskyvyn rajamailla 16.5.2015 (Kaleva.fi 2015)*

### Maskunjoki 05/2015, Varsinais-Suomi

Maskussa valtatie 8 jouduttiin sulkemaan Maskunjoen tulvan takia toukokuussa 2015. Tiellä ja sillalla tehtiin rakennustöitä ja vaarana oli että tulva murtaa rakennustyömaan valurakenteita. Tulviminen aiheutui osakseen rakentamisen aikana tehtyjen tilapäisten patojen johdosta.

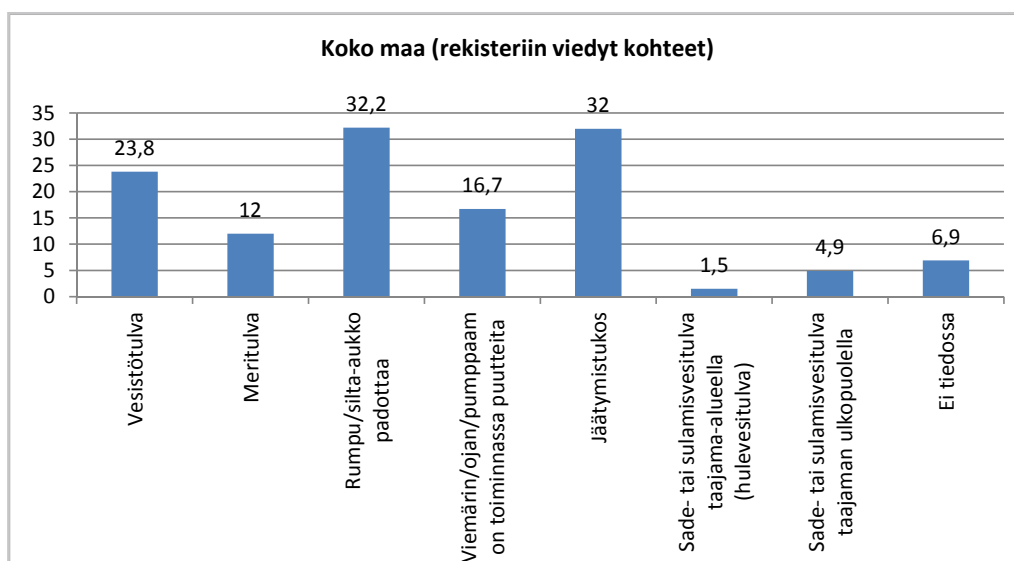
## 3.2 Tieympäristön hulevesitulvat

tässä työssä tieympäristön hulevesitulvalla tarkoitetaan kuivatusjärjestelmässä esiintyvien puutteiden tai ongelmien aiheuttamaa veden pinnan nousua sivuojista tien pinnalle. Hulevesitulvan yleisin aiheuttaja on rankkasade ja/ tai virtausesteet (paannejää, kallionokat yms.) ja tulville on tyypillistä, että valuma-alueet ovat paikallisia. Hulevesitulvissa virtaamat pysyvät usein suurina koko tulvan ajan ja itse tulvatapahuma voi olla hyvin lyhytkestoinen (Tulvaseminaari 2015). Poikkeuksena ovat tulva-



tapahtumat, jotka aiheutuvat järjestelmän tukkeutumisesta ja vaativat järjestelmän huoltoa.

Liikenneviraston 2014 valmistuneen maanteiden tulvakohteita LIITO- ja HÄTI-järjestelmien tietojen perusteella kartoittaneen selvityksen mukaan hulevesitulvat ovat tiellä sattuvista yksittäisistä kuivatuksellisista ongelmista merkittävimpiä. Suurimpana syynä tulviin maantieverkolla ovat rumpu- ja silta-aukon padottaminen tai jäätymistukos (kuva 7), joiden yhteenlaskettu prosenttiosuus on 64,2 %. Vesistötulvien prosenttiosuus on huomattavasti pienempi (23,8 %). Selvityksen yhteydessä kerätyt tulvatiedot (466 tulvariskikohdetta) vietiin tierekisteriin tietolajille 157 Tulvakohteet. LIITO- ja HÄTI-järjestelmien kautta kerättävän tulvatiedon analysointi on melko työlästä ja tiedon yhtenäisyydessä ja kattavuudessa todettiin olevan puutteita. Jatkossa tulvatietolajin tietojen päivittäminen tierekisteriin on ELY-keskusten vastuulla. (Liikennevirasto 2014 b)



Kuva 7. Tulvan syiden prosenttiosuudet kaikilla tierekisteriin viedyillä tulvakohdeilla (n=466) (Liikennevirasto 2014 b)

### 3.3 Tiedonkeruu tulvista maanteilla

Kansainvälisesti ja kansallisesti on jo pidemmän aikaa panostettu tulvaherkkien alueiden kartoittamiseen, riskien hallintaan ja sopeutumiseen. Yhtenä pääsyynä tähän voidaan nähdä ilmastonmuutos, jonka seurauksena tulviin varautuminen tulee korostumaan jo lyhyellä aikavälillä mutta vielä enemmän seuraavien vuosikymmenien aikana. Alla on esitelty tähän liittyvät Suomen kannalta tärkeimmät säännökset (Ekroos, Hurmeranta 2011)

- o EU:n tulvadirektiivi vuodelta 2007 (2007/60/EY)
- o laki tulvariskien hallinnasta (620/2010)
- o valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010)

Pohja kartoituksille on Tiehallinnon riskienhallintasuunnitelmassa vuodelta 2009, jossa on todettu riski ilmastonmuutoksen aiheuttamille hallitsemattomille häiriöille tienpidossa ja liikenteessä. Samana vuonna on Tiehallinnossa tehty esiselvitys ”Tieverkon tulvariskikohteiden määrittelyssä tarvittavat tiedot”.

Tuoreimmassa, vuonna 2014 laaditussa Liikenneviraston selvityksessä on kartoitettu koko maantieverkon tulvariskikohteet. Aiemmin tulvariskikohteita on selvitetty mm. Pirkanmaan, Varsinais-Suomen ja Kaakkois-Suomen ELY-keskuksissa tehdyin erillis-kartoituksin. Kokemuseräistä tietoa tulvista on muissakin ELY-keskuksissa ollut, mutta tulvakohteiden tietoja ei ole yhtenäisesti koottu.

#### Pirkanmaan ELY-keskuksessa tehdyt tulvakartoitukset

Pirkanmaan ELY-keskuksessa maanteiden tulvakartoitus toteutettiin konsultin tekemänä keväällä 2011. Kartoitus sisälsi rekisteritietojen keräyksen sekä analysoinnin, haastattelut ja tulvariskien paikkatietoanalyysin sekä tieverkkokorjauksen. Tuloksena saatu listaus maanteiden tulvariskikohteista toimi lähtötietoina syksyllä 2011 tehdyllä jatkotutkimukselle, jossa määritettiin mm. kiertotiet ja priorisoitiin tulvariskikohteet (Tampereenseutu 2015)

Lähtötietoina riskikohteiden määrittelyssä käytettiin tulvavaarakarttoja, tulvatietojärjestelmän tietoja, Liikennekeskuksen tulva- ja sortumatietoja, tierekisteriä, silta-rekisteriä ja Pirkanmaan ELY-keskuksessa tehtyjä aikaisempia havaintoja tulvariskikohteista. Laserkeilausaineistoa ei kartoitusta tehtäessä ollut kattavasti tarjolla, jotta sen hyödyntäminen olisi ollut mahdollista (Tampereenseutu 2015)

Tulvariskikohteita Pirkanmaan ELY-keskuksessa työn tuloksena listattiin yhteensä 314 kpl, joista vesistöihin liittyviä on 236. Rummun tai silta-aukon padotus, hulevesitulva tai rummun jäätyminen oli syynä 63 tulvariskikohteessa. Rankkasadetulva oli riskinä 15 kohteessa. Kartoitetut tulvariskikohteet on tallennettu tierekisteriin. Alapuoella olevaan kuvaan (kuva 8) on sinisillä palloilla merkitty analyysiin perustuva ennuste mahdollisista tulvariskikohteista ja punaisilla palloilla kokemuseräinen tieto tulvariskikohteista Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella (Tampereenseutu 2015).



Kuva 8. Pirkanmaan tulvariskikohteet kartalla (Tampereenseutu 2015)

### **Haastattelujen tulokset maanteiden tulviin liittyen:**

#### Tulviin varautuminen alueurakassa

Äärisääliöiden aiheuttamiin ongelmiin varautuminen eli riskien tunnistaminen tieosuuksittain koettiin haasteelliseksi. Tulviin voidaan varautua kokonaisuutena, mutta esim. rankkasadetulvien ennakoimiseksi tietyllä tieosuudella ei ole nykyisin keinoja. Esim. Etelä-Pohjanmaalla on varauduttu maantietulviin siten, että urakkasopimuksiin on kirjattu ehdot tulvakalustosta, jotka urakoitsija varaa käyttöön tulvatilanteita varten.

Käytännössä alueurakassa voidaan ennakoida mm. kovasta pakkastalvesta johtuvia kevättulvia, mutta esim. äkillisiin rankkasateisiin koettiin olevan vaikea varautua. Kevättulviin varaudutaan lähinnä höyrynkehittimillä ja varmistamalla, että varastosta löytyy tarvittavat välineet liikenteen ohjaamiseen tulvivilla paikoilla ja pahimmassa tapauksessa tarvittava välineistö ja tietotaito tien katkaisemiseksi.

Pohjanmaalla oltiin selkeästi kaikkein tietoisimpia tulvan vaikutuksista maanteiden hoidon alueurakkaan, mikä selittyy osittain vesistötulvien suhteellisesti suurella määrällä verrattuna muuhun Suomeen.

#### Tulvista kerättävät tiedot

Nykyisillä tulvatiedoilla osassa ELY-keskuksissa pystytään antamaan hoidon ja ylläpidon urakkaan työkohtaiseen tarkennukseen tiedot urakka-alueen tulvaherkistä kohteista. Näin urakoitsija pystyy varautumaan paremmin mahdollisiin tulviin, ja vastuukysymykset ovat selvemmin tiedossa tulvan sattuessa.

Tulvista kerättävä tiedon määrä vaihtelee ELY-keskuksittain. Osassa ELY-keskuksista tulvakohteista on järjestelmällisesti kerätty tietoja talteen jo pidemmän aikaa. Näin on toimittu mm. Uudenmaan ELY-keskuksessa. Osassa ELY-keskuksista tulvaherkkiä kohteita oli listattu kokemuseräisen tiedon pohjalta sekä analysoitu mahdollisia riskikohteita (mm. Pirkanmaan, Varsinais-Suomen, Kaakkois-Suomen) jo ennen Liikenneviraston vuoden 2014 selvitystä.

#### Tulvista aiheutuvat toimenpiteet urakassa

Tulva aiheuttaa käytännössä aina toimenpiteitä urakoitsijalle. Toimenpiteet voivat olla esim. jäätyneen rummun aukaisu, nopeusrajoituksen alentaminen tai äärimmäisessä tapauksessa tien sulkeminen.

Mittava tulva aiheuttaa usein tiehen rakenteellisia vaurioita. Pienemmissäkin tulvataapauksissa urakoitsijan on puhdistettava tie tulvan nostamista roskista. Lisäksi urakoitsijan tulee arvioida, missä vaiheessa esim. raskaan liikenteen voi päästää liikennöimään tulvineella tieosuudella siten että tulvimisen johdosta vettyneen tierakenteen kantavuus kestää ylittävän raskaan liikenteen.

### 3.4 Tiepenkereiden ja leikkausten sortumat

Tulviin liittyy usein myös tiellä tapahtuvan sortumariskin kasvu. Liikennevirastolla ei ole järjestelmällistä tieverkolla tapahtuvien sortumien tietojen keruuta eikä siten sortumarekisteriä. Sortumia tapahtuu ilman veden vaikutustakin, mutta etenkin rankkasateiden aikaan ominaisuuksiltaan heikot tierakenteen alus- ja päällysrakenteet ovat alttiita eroosiolle ja sitä kautta sortumille (Tiehallinto 2009 c). Mutta myös karkearakeinen, hyvin perustettu tierakenne voi sortua riittävän suuren vedenpaineen vaikutuksesta. Tiehallinnon julkaisussa 52/2009 on määritetty tien tulva- ja sortumariskin arvioinnin tueksi sortumatyypeille neliportainen luokitus (taulukko 1), jossa sortuminen on aina tulvan aiheuttama. Samaa luokitusta sortumien osalta on käytetty Liikenneviraston julkaisussa 5/2013 osana tulvariskien hallintaan liittyvänä asiana. (Liikennevirasto 2013 b.)

Taulukko 1. Veden vaikutuksesta aiheutuvien sortumien sortumatyypit Tiehallinnon selvityksen 52/2009 mukaan.

S1	Sortuma joko virtauseuroosiona tai tierungon/maapohjan kantavuuden heikkeneminen tulvan vuoksi; vesi nousee tielle (vesistö- ja meritulvat)
S2	Veden virtauksen aiheuttama eroosio saa aikaan sortuman; vesi ei nouse tielle (liukusortumat)
S3	Vettyminen aiheuttaa tien kantavuuden menetyksen; vesi ei nouse tielle (rankkasadetulvat, pohjaveden kohoaminen, pumppaamovikojen ja rumputukosten aiheuttama tien eroosio)
S4	Silta sortuu tulvan vaikutuksesta

Sortumariskin arvioinnissa kokonaisvaltainen tarkastelu edellyttäisi tarkempaa, geotekniseen näkökulmaan perustuvaa luokittelua. Luokittelun tulisi ottaa huomioon ilmastonmuutos ja sen tuomat haasteet tulviin ja sateiden intensiteettiin myös alueilla, jotka eivät ole vesistöjen välittömässä läheisyydessä. Luokittelutieto voisi sisältää esimerkiksi tiedon rummun todennäköisyydestä padottamiseen kesän ja talven osalta. Luokittelua voitaisiin muokata alueurakasta pitkällä aikavälillä saatavien ongelmakenttää tarkentavien tietojen pohjalta.

Äkilliseen tulvimiseen liittyy usein veden virtaamisnopeuden kasvu, mikä saattaa aiheuttaa tierakenteessa sortumia. Myös tierungon vettyminen voi aiheuttaa tien kantavuuden menetyksen ja siten tien osittaisen tai pahimmassa tapauksessa koko tien sortumisen. Tiehallinnon julkaisussa vuodelta 2009 on tien sortumatyyppejä hahmoteltu yleisillä geoteknisillä määritelmillä sekä liikennöintiin liittyvällä tulvatilanteen täsmennyksellä (vesi nousee tielle/vesi ei nouse tielle) (Liikennevirasto 2009). Taulukossa 4 on esitetty kyseiset sortumatyypit S1...S4.

Äkilliset sortumat tulevat usein urakoitsijan tietoon liikennekeskuksen kautta. Tiehallinnon julkaisussa 52/2009 on tarkasteltu liikennekeskukseen vuosina 2002–2009 saapuneita teiden sortumiin liittyneitä ilmoituksia Uudenmaan, Turun ja Hämeen tiepiireissä. Tärkeimpänä asiana ilmoituksista voitaneen nostaa että liikennekeskuksen tietojen perusteella ei voida tehdä päätelmiä sortumien laajuudesta tai niiden syistä. Sen sijaan niiden paikantaminen tietyllä karkeustasolla voidaan tehdä.

### 3.5 Tiedonkeruu sortumista ja pohjarakenteiden vauriokohteista

#### ***Haastattelujen tulokset maanteiden sortumiin liittyen:***

*Sortumatietoa pyrittiin kartoittamaan haastattelujen sekä erillisten ELY-keskuksiin tehtyjen yhteydenottojen perusteella. Tiedot perustuvat Uudenmaan ELY-keskuksen ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksen tievaurio inventointi- projekteihin ja niistä saatuihin tietoihin.*

*Varsinais-Suomessa vuonna 2007 aloitettua tievauriokohteiden inventointia on jatkettu vuosina 2010 ja 2011 käymällä kaikki kohteet läpi ja lisäämällä uusia kohteita. Päivityksen aikana ei löytynyt merkittäviä uusia kohteita, mutta muutamia kriittisimpiä kohteita jouduttiin korjaamaan. Enimmäkseen listatut kohteet ovat olleet painumakohteita, joiden lisäksi on ollut muutamia merkittäviä sortumakohteita. Poiketen oletuksesta sortumakohteiden syyt eivät ole olleet veden aiheuttamia, vaan tieosan stabiliteetti on ollut ilman veden vaikutustakin riittämätön. Kaikista kohteista on laadittu tietokortit, joissa on mainittu mm. nimi, tie, tieosa, paaluväli, vauriotyyppi ja lyhyt sanallinen kuvaus kohteesta. Lisäksi on kirjattu arvio korjaustavasta, kustannusarviosta ja kiireellisyysjärjestyksestä.*

*Varsinais-Suomen ELY-keskuksessa on arvioitu, että 4-5 vuoden inventointikierto vauriokohteille on riittävä, kun inventoinnin tekee geotekniikkaan perehtynyt henkilö. Inventoituja kohteita seurataan myös kunnossapidon urakoitsijoiden ja ELY-keskusten aluevastaavien toimesta muiden töiden ohessa.*

Uudenmaan ELY-keskuksen alueella on ollut jo useamman vuosikymmenen ajan käynnissä tievauriokohteiden inventointi- ja seurantaohjelma, jossa seurataan ja luokitellaan myös sortumakohteita painumien ja muiden tievauriokohteiden lisäksi. Seurannassa olevien kohteiden lukumäärä on noin 200 kpl, ja seurantakäyntejä tehdään keskimäärin kerran kahdessa vuodessa. Sortumariski on 5 kohteessa ja kaikissa kohteissa sortumariskin aiheuttaa jollain tapaa vesi, yleensä tien vieressä kulkevan joen aiheuttama eroosio tai tulviminen. Kohteista yhtä lukuun ottamatta kaikki on ainakin kertaalleen korjattu. Näiden sortumien lisäksi tapahtuu aika ajoin työmaanaikaisia sortumia, joista ei kuitenkaan ole tietoa.

Työn lähtökohtana on ollut riskialttiiden kohteiden kartoitus ja toisaalta mahdollisuus nopeaan reagointiin ja vuosittaiseen riskikohteiden priorisointiin. Kohteiden korjaaminen on suhteellisen kallista, etenkin suuremmissa korjauksissa, joissa vaaditaan erillisten kiertoteiden rakentamista. Rakentamisen kustannuksista johtuen korjaustoimenpiteitä on harvoin mahdollista tehdä ja on siten perusteltua seurata ja arvioida näitä kohteita säännöllisesti. Järjestelmällisessä seurannassa ja raportoinnissa myös muutoksien suuntaa ja nopeutta on helpompi arvioida. Tietoja näistä kohteista ja niiden kunnosta tarvitaan mm. erikoiskuljetuksien reittejä mietittäessä.

Muissa ELY-keskuksissa kerätään sortumatietoa vaihtelevasti. Esimerkiksi Pirkanmaan ELY-keskuksen alueella on tapahtunut joitakin sortumia (myös veden aiheuttamia), mutta niistä ei ole erikseen kerätty tietoa tai tehty analyysiraportteja niiden syistä. Seurannassa ei ole ELY-keskuksen tiedossa olevia kohteita. Rannikkoalueilla kohteissa, joissa on syviä ja herkkiä savia, voidaan olettaa tapahtuvan joissain määrin maanteiden sortumia. Lisäksi muita sortumaherkkiä kohteita koko Suomen mittakaavassa ajatellen ovat rannikkojen savien varaan perustetut tiet ja jokien tai muiden vesistöjen välittömässä läheisyydessä kulkevat tiet. Muista syistä aiheutuvat sortumat ovat usein yksittäistapauksia, ja johtuvat usein pohjamaan tai huonojen rakennekerroksien liiallisesta häirinnästä.

Uudenmaan ELY-keskuksessa käytetään tievaurioseurantaa toteuttavan konsultin asiantuntemusta erikoiskuljetusten lupia myönnettäessä tieosuuksille, jotka ovat seurannassa. Arvio vauriokohdan kantavuudesta tehdään tapauskohtaisesti ja tarvittaessa konsultti käy paikanpäällä tekemässä tuoreen analyysin tien kunnosta. Varsinais-Suomen ELY-keskuksessa ei vastaavaa käytäntöä ole ollut, mutta sen hyödyntämiseen tulevaisuudessa suhtauduttiin mielenkiinnolla. Molemmat haastateltavat olivat sitä mieltä että tievaurioiden inventointi on nykyisellään riittävän toimiva, eikä esim. sortumatietojen siirtäminen tierekisteriin olisi välttämätöntä. Mikäli tiedot haluttaisiin siirtää tierekisteriin, tulisi kaikkien ELY-keskusten tievaurioinventointi yhtenäistää ja tierekisteriin perustaa uusi tietolaji sortumakohteille. Samalla tulisi tarkastella tierekisterissä olevia painorajoituksia, kelirikkokohteita ja muita tien ja siltojen kantavuuteen vaikuttavia tietolajeja ja niiden sisältöä. Näihin liittyvillä rakenteellisilla muutoksilla tietoja voitaisiin hyödyntää paremmin esimerkiksi jo aikaisemmin mainittujen erikoiskuljetusten reittien suunnittelussa ja lupapäätöksissä.

## 4 Ilmastomuutos ja sen vaikutukset

### 4.1 Ilmastomuutoskenaariot

Ilmastolla tarkoitetaan jonkin maantieteellisen alueen säätä ja sen vaihteluja (Ilmatieteen laitos 2015). Ilmastomuutoksella tarkoitetaan luonnollisista tekijöistä johtuvaa ja ihmiskunnan toiminnan aiheuttamaa ilmaston ajallista muuttumista. Normaalilla ilmastoon liittyvää vaihtelua ei tule sekoittaa ihmisen aiheuttamaan ilmastomuutokseen, joka on riippuvainen kasvihuonekaasupäästöjen määrästä.

Ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin on CO<sub>2</sub> eli hiilidioksidi. Kasvihuonekaasujen pitoisuuksien lisääntyminen ilmakehässä jarruttaa lämpösäteilyn karkaamista avaruuteen, mikä nostaa lämpötiloja maan pinnalla. (Ilmatieteenlaitos 2013a.) Hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on kasvanut teollistumista edeltävältä ajalta noin 40 % ja pitoisuuksien kasvu on ollut viime aikoina noin 0,5 % vuosittain (ks. Ilmatieteenlaitos). Luonnollista ilmastovaihtelua on edelleenkin vaikea erottaa ihmisten aiheuttamasta, mutta se ei muuta sitä tosiasiaa, että ilmasto muuttuu (Maa- ja metsätalousministeriö, 2014). Maailman tutkijayhteisö on vakuuttunut siitä, että ilmasto on jo muuttunut ja tulee muuttumaan edelleen. Ei kuitenkaan olla varmoja miten ja kuinka paljon ilmasto muuttuu. Erityisesti paikallisella tasolla ennusteissa on epävarmuuksia (NCHRP 2014).

Ilmastomuutoksen ennustaminen perustuu ilmastomalleihin ja päästöskenaarioihin. Ilmastomallit simuloivat ilmastojärjestelmän käyttäytymistä fysiikan lakien perusteella. Päästöskenaariot kuvaavat kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vaihtoehtoisia kehityspolkuja (Ilmatieteenlaitos 2013 a). Ennustaminen ei ole yksiselitteistä, mm. siitä syystä, että ilmastomalleissa on rajoituksia, eikä tulevaisuuden päästötasoista ole tarkkaa käsitystä. Myöskään ei tunneta tarkasti jo tehtyjä ja tulevaisuudessa tehtäviä sopeutumis- ja hillintätoimia ja etenkin niiden vaikutuksia. Ennustamisen epävarmuuksista johtuen säämuuttujien arvioidut vaihteluvälit ovat suuria.

Ennusteet ilmastomuutoksesta perustuvat hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n laatimiin arvioihin tulevasta kehityksestä. IPCC on julkaissut 2013–2014 kolmiosaisen viidennen arviointiraporttinsa. Uudessa arviointiraportissa on määritetty neljä uutta päästöskenaariota (taulukko 2): RCP 8.5, RCP6.0, RCP4.5 ja RCP2.6 (RCP= Representative Concentration Pathways) (Ilmasto-opas 2015).

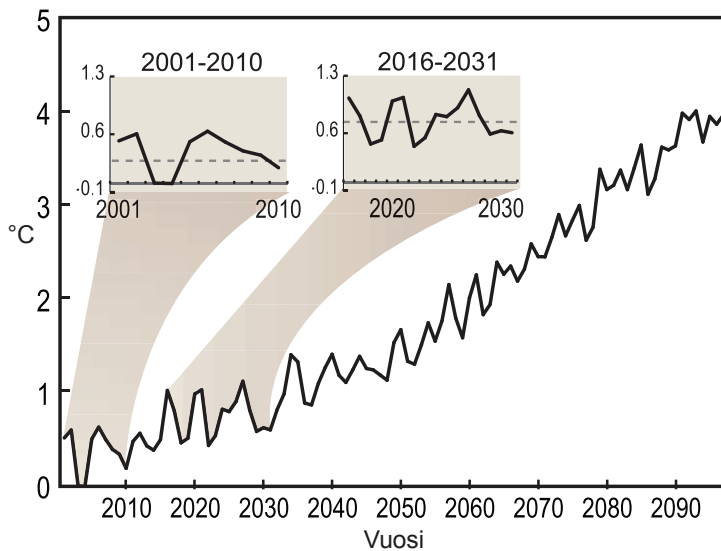
Alhaisin skenaario, RCP 2.6, perustuu kehityspolkuun 1, jossa valtiot sitoutuvat tiukoihin kasvihuonepäästöjen rajoituksiin. Korkein skenaario, RCP8.5, perustuu kehityspolkuun, jossa kasvihuonekaasujen päästöt jatkavat kasvuaan nykytahdilla. (Ilmasto-opas 2015.)

Maapallon keskilämpötilan voidaan todeta nousseen vuodesta 1880 vuoteen 2012 noin 0,85 astetta. Maapallon keskilämpötilan on ennustettu nousevan vuosisadan loppuun mennessä noin 4 asteella, mikä ilmenee kuvasta 9. Alueittain lämpötilojen muutoksia pystytään laskemaan kohtuullisen luotettavasti vuodesta 1901 eteenpäin. Onkin luotu erilaisia maapallon keskilämpötilan havaintoaikasarjoja, mutta niistä lyhemmät eivät anna todellista kuvaa muutoksesta, johtuen ilmastossa tapahtuvasta luonnollisesta vaihtelusta (IPCC 2014). Lämpötilan noustessa myös ilmakehän kyky sitoa vettä kasvaa. Teoriassa yhden asteen lämpötilan nousu lisää 7 % ilmakehän ve-

densitomiskykyä. Muutoksella on merkittävä vaikutus veden kiertokulkuun ilmakehässä, luoden perustan voimakkaiden sateiden lisääntymiselle. (Laapas 2013.)

Taulukko 2. Kasvihuonekaasuskenaariot (IPCC 2014)

RCP 2.6	Hiilidioksidipäästöt kääntyvät jyrkkään laskuun tämän vuosikymmenen lopun jälkeen ja ovat vuosisadan lopussa lähellä nollatasoa. Korkein hiilidioksidipitoisuus saavutetaan vuosisadan puolivälissä
RCP 4.5	Hiilidioksidipäästöt kääntyvät laskuun noin v.2040 tienoilla ja vuosisadan loppuun mennessä päästöt ovat noin kaksinkertaiset teollistumisen alkuun verrattuna.
RCP 6.0	Päästöissä ei tapahdu suuria muutoksia, mutta vuosisadan lopussa ne ovat nykyistä tasoa suuremmat
RCP 8.5	Hiilidioksidipäästöt kolminkertaistuvat vuosisadan loppuun mennessä ja jatkaisivat kasvua siitä eteenpäinkin



Kuva 9. Ennustettu maapallon keskilämpötilan kehitys vuosina 2001–2010, 2016–2031 sekä 2000–2100 (Ilmatieteen laitos 2009).

## 4.2 Ilmastoa kuvaavien muuttujien ennustetut muutokset

### 4.2.1 Yleiskatsaus

Ilmastonmuutoksen merkittävimmät ennustetut vaikutukset Suomessa painottuvat talvikaudelle: lämpötilat nousevat, sademäärät lisääntyvät ja lumen määrää vähenee. Myös kesällä tapahtuu muutoksia: helteet ja rankkasateet yleistyvät, mahdollisesti myös kuivuus. Taulukossa 3 on esitetty MMM:n laatima suuntaa antava esitys ilmastosuureiden odotettavissa olevista muutoksista vuosisadan loppua lähestyttäessä. Keskeisimpiä muutoksia tulevat olemaan lämpötilojen kohoaminen, sademäärien lisääntyminen ja lumen määrän väheneminen. Maanteiden kuivatuksen suunnittelun kannalta merkittävää olisi pystyä ennustamaan sademäärissä tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset. Etenkin muutokset sateisuuden ääripäissä ovat erityisen tärkeitä, sillä sekä pitkien kuivuusjaksojen että rankkasateiden ja tulvien vaikutukset voivat olla vakaviakin. (IPCC 2014.)



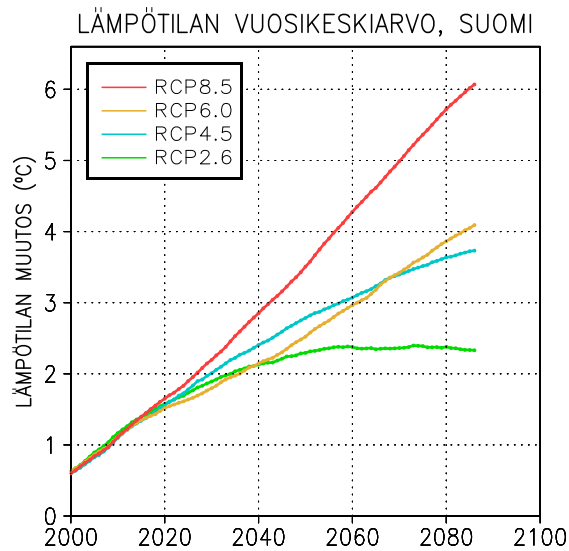
Taulukko 3. Havainnollistava esitys ilmastosuureiden ennustetuista muutoksista eri vuodenaikoina etelä- ja pohjoisosassa Suomea. (MMM 2014)

Muuttuja	Alue	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Vuosi	Huomautuksia
Keskilämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu
	Etelä	+	+	+	+	+	pienintä kesällä.
Keskimääräinen sademäärä	Pohjoinen	+	+	+	+	+	
	Etelä	+	+	/	+	+	
Termisen vuodenajan pituus	Pohjoinen	-	/	+	/		
	Etelä	-	+	+	+		
Vuorokauden ylin lämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu
	Etelä	+	+	+	+	+	pienintä kesällä.
Vuorokauden alin lämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu
	Etelä	+	+	+	+	+	pienintä kesällä.
Pakkaspäivien lukumäärä	Pohjoinen	-	-	-	-	-	
	Etelä	-	-	-	-	-	
Nollapistepäivien lukumäärä	Pohjoinen	+	-	-	-	/	Aluksi talven nollapistepäivät
	Etelä	/	-	-	-	-	yleistyvät myös etelässä.
Lumen vesiarvo	Pohjoinen	-	-		-	-	Vähentäminen alkaa etelästä,
	Etelä	-	-		-	-	samoin syksystä ja keväästä.
Lumipeitepäivien lukumäärä	Pohjoinen	-	-		-	-	Vähentäminen alkaa etelästä,
	Etelä	-	-		-	-	samoin syksystä ja keväästä.
Sadepäivien määrä	Pohjoinen	+	+	( )	+	+	
	Etelä	+	( )	-	( )	+	
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjoinen	+	+	+	+	+	
	Etelä	+	+	+	+	+	
Sateettomien kausien pituus	Pohjoinen	/	-	( )	-	-	
	Etelä	-	( )	( )	( )	( )	
Pilvisuus	Pohjoinen	+	/	(-)	/	+	
	Etelä	+	/	(-)	/	+	
Roudan määrä	Pohjoinen	-	-		-	-	Laskelmat tehty lumettomille
	Etelä	-	-		-	-	alueille (tiet, lentokentät, jne.)

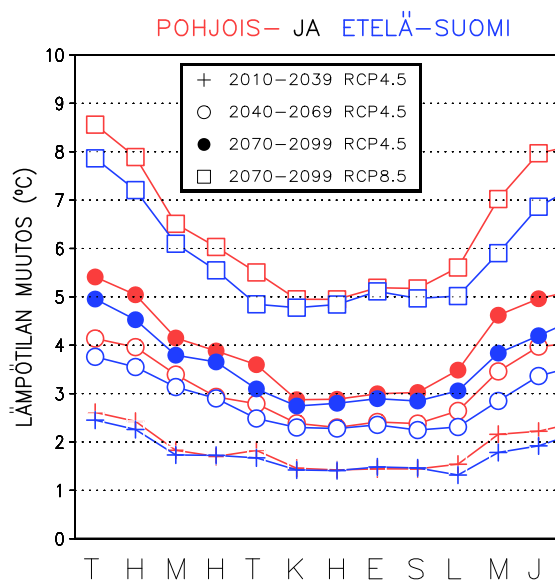
+ = Lisääntyy/kasvaa  
 + = Lisääntyy/kasvaa huomattavasti  
 - = Vähenee  
 - = Vähenee huomattavasti  
 / = Sääily suunnilleen ennallaan  
 ( ) = Muutos hyvin epävarma  
 Tyhjä = Ei osata sanoa tai merkityksetön

#### 4.2.2 Lämpötilat kohoavat

Maapallon keskilämpötilan ennustetaan kohoavan tulevaisuudessa, Suomessa lähemmäs kaksi kertaa enemmän kuin maapallolla keskimäärin. Jos suhteutetaan lyhyen aikavälin havaintoja pidemmän aikavälin tarkasteluun, voidaan mm. todeta viimeisten 30 vuoden ajanjakson olleen lämpimin 1400 vuoteen. Mikäli kasvihuonekaasupäästöjä ei saada vähennettyä radikaalisti, tulee maapallon keskilämpötila nousemaan vuoteen 2100 mennessä ainakin neljä astetta. Suomessa tämä tarkoittaisi RCP8.5-skenaariolla laskettuna yli 6 asteen nousua keskimääräisessä lämpötilassa. Tämä on havaittavissa kuvasta 10. Suomessa lämpötilat nousevat tämän hetken tietojen perusteella pohjoisessa hieman etelää nopeammin, etenkin talvella (Ilmatieteenlaitos 2013 b). Tätä on havainnollistettu kuvassa 11.



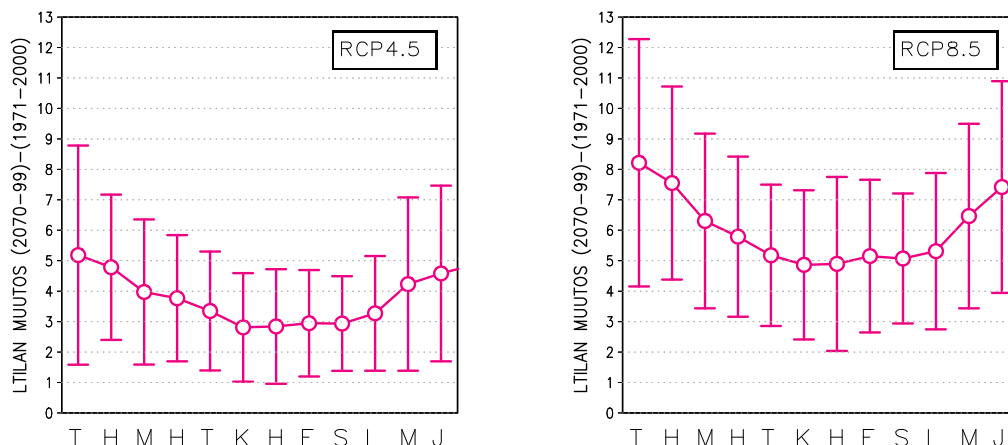
Kuva 10. Vuoden keskilämpötilan (asteina) muutos Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1971–2000 keskimääräisiin arvoihin. Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa neljälle eri RCP-kasvihuoneskenaariolle (Ilmatieteenlaitos 2013 b).



Kuva 11. Lämpötilan muutos erikseen Pohjois- ja Etelä-Suomessa verrattuna jakson 1971–2000 keskimääräisiin arvoihin (Ilmatieteen laitos 2013 b).

Meneillään olevan ilmaston lämpenemisen takia tulee tulevaisuudessa lämpimien sääjaksojen osuus kasvamaan ja kylmien jaksojen osuus pienenemään. Tästä huolimatta yksittäisiä hyvinkin kylmiä kuukausia esiintyy ajoittain. Keskilämpötilan nousun myötä ennätyskorkeiden kuukausi-, vuodenaikais- ja vuosikeskilämpötilojen todennäköisyys kasvaa kaiken aikaa suuremmaksi (Ilmatieteen laitos 2012). Kuvassa 12 on esitetty lämpötilan muutos eri kuukausina kahden eri skenaarioiden mukaan.

Ennusteiden mukaan keskilämpötilat tulevat Suomessa kohoamaan vuoteen 2085 mennessä 2,4–6,1 °C skenaariosta riippuen. Lämpötilojen nousun ennustetaan olevan suurempaa talvikaudella kuin kesäkaudella. Tammikuun lämpötilojen ennustetaan nousevan 5–8 °C ja heinäkuun 3–5 °C.



Kuva 12. Lämpötilan muutos (asteina) Suomessa vuoden eri kuukausina siirtymäjakson 1971–2000 jaksoon 2070–2099. Käyrä esittää 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa ja pystyjanat mallituloksista laskettua 90 % luottamusväliä. Vasemmanpuoleinen kuva edustaa RCP4.5-, oikeanpuoleinen RCP 8.5-skenaariota (Ilmatieteen laitos 2013 b).

#### 4.2.3 Sädemäärät lisääntyvät

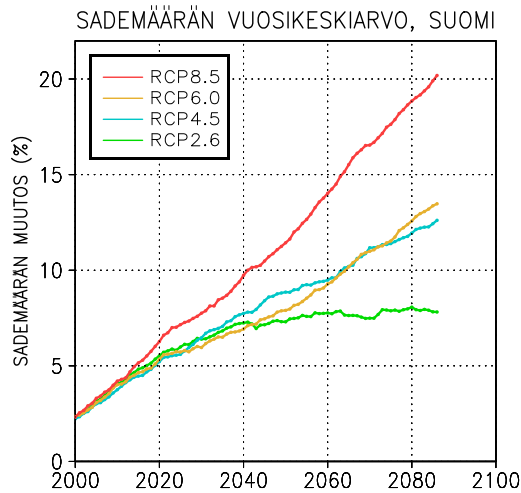
Kokonaissademäärä kasvaa tulevaisuudessa hieman, mutta sateen osalta suurimmat muutokset ovat lyhyiden sadekuurojen intensiteetissä ja talvisateiden määrässä. Vuotuisen kokonaissademäärän ennustettu kasvu Suomessa on RCP 2.6 skenaariolla noin 8 % vuosisadan loppuun mennessä. Kaikkein suurin ennustettu muutos sademäärissä tapahtuisi RCP 8.5 skenaariolla, jonka mukaan sademäärät kasvaisivat jopa 20 % vuosisadan loppuun mennessä. Ennustetut kokonaissademäärän muutokset eri skenaarioiden mukaan ja muutosten aikajaksot on esitetty kuvassa 13.

Rankkasadepäivien määrä tulee lisääntymään talvisin etelässä jopa kolminkertaiseksi ja Pohjois-Suomessa jopa tätäkin enemmän (Lehtonen 2011). Rankkojen kesäsateiden määrän ennustetaan lisääntyvän maltillisemmin, n. 10–30 % jaksosta 1961–1990 jaksoon 2071–2100. Lisäksi tulevaisuudessa lyhyiden rankkasateiden intensiteetti tulee kasvamaan, mikä tarkoittaa suurempaa vesimäärää aikayksikköä kohden. Sateen intensiteetti vaikuttaa mm. kuivatusjärjestelmien mitoittamiseen.

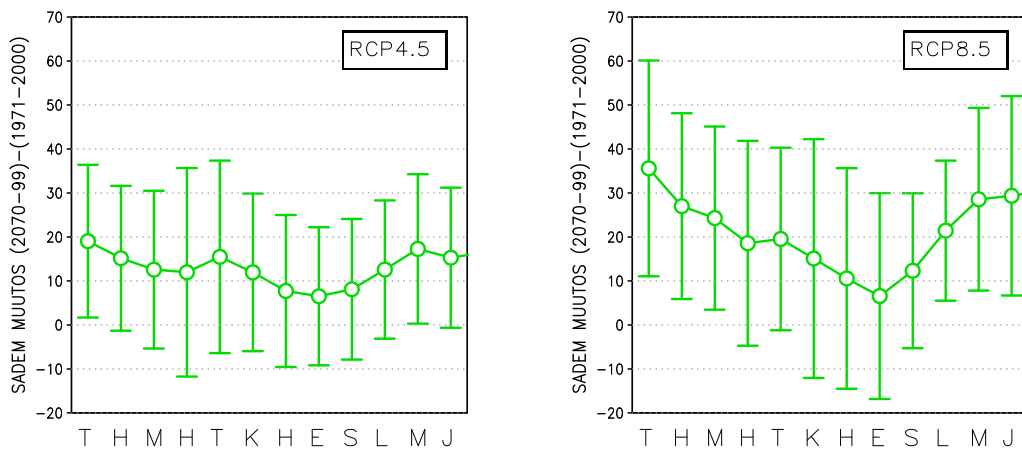
Runsaimmat sateet ajoittuvat tulevaisuudessakin kesään, jolloin ilma on lämmintä ja voi sisältää paljon kosteutta. Talvella suurempi osa sateesta tulee jatkossa vetenä ja myös kevät- ja syysateet lisääntyvät joissain määrin. (SYKE 2008.)

Sademääräjakaumat vuodenaikojen välillä on kuvattu kuvassa 14. Kokonaissademäärän kasvu tulee olemaan pienempää suhteessa eri vuodenaikojen suhteellisiin muutoksiin. Talvella sademäärät kasvavat todennäköisemmin ja enemmän kuin kesällä. Sateissa tulee yleistymään voimakkaat rankkasateet ja vähäisten sadepäivien määrä tulee laskemaan. Tulevaisuudessa ei siis välttämättä sada paljon useammin, mutta kerralla tulevan sateen määrä on suurempi.

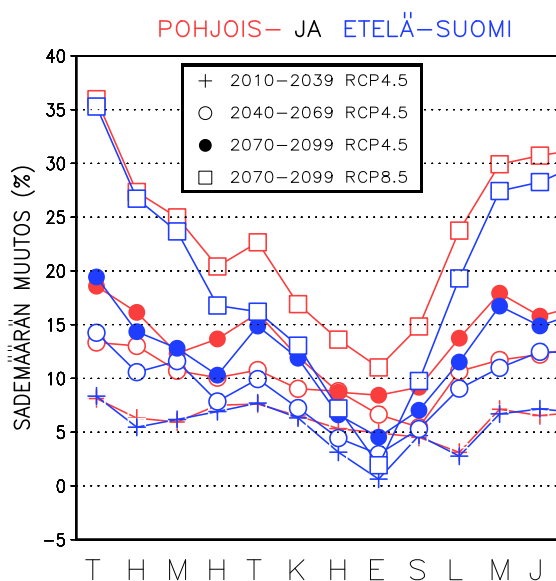
Maantieteellisesti tarkasteltuna kokonaissademäärien muutoksissa (kuva 15) Suomessa on alueellisesti eroja lähinnä kesällä, jolloin sateiden on ennustettu lisääntyvän enemmän Pohjois-Suomessa. Sademäärien alueellisessa jakautumassa on selvästi suurimmat erot RCP 8.5 skenaariossa verrattuna muihin skenaarioihin. Esim. vastaavassa lämpötilan muutoksen kuvaajassa eri skenaarioiden alueelliset erot eivät olleet yhtä suuria.



Kuva 13. Kokonaissademäärän muutos Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jaksoon 1971–2000 (Ilmatieteenlaitos 2013 b)



Kuva 14. Sademäärän muutos (%) Suomessa vuoden eri kuukausina siirryttäessä jaksosta 1971–2000 jaksoon 2070–2099 (Ilmatieteenlaitos 2013 b).



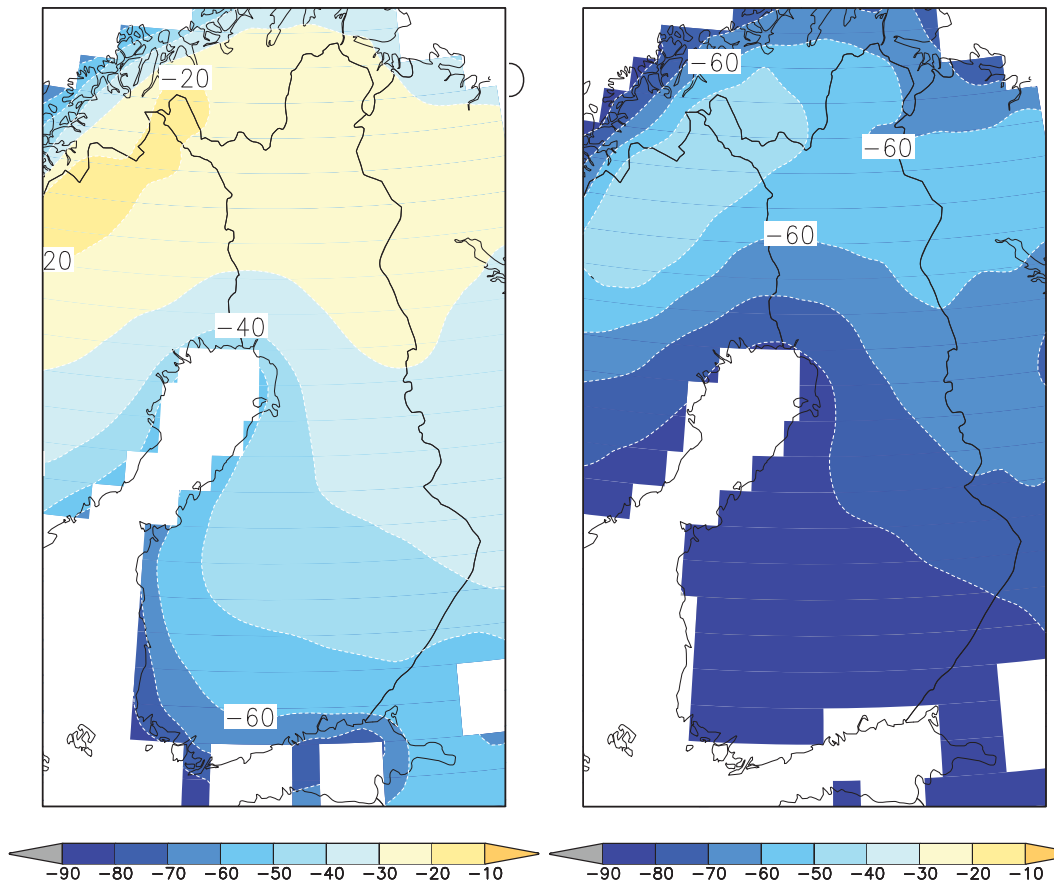
Kuva 15. Kokonaissademäärä ennustettu muutos esitettynä erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomessa sekä eri skenaarioiden mukaan (Ilmatieteenlaitos 2013 b).

#### 4.2.4 Lumi vähenee

Ilmastomuutoksen seurauksena keskimääräinen lumipeite tulee tulevaisuudessa olemaan ohuempi ja luminen vuodenaika lyhenee. Talvella Suomessa osa sateesta tulee lumena ja osa vetenä. Ilmastomuutokseen liittyvä ilmaston lämpeneminen vaikuttaa sateen olomuotoon ja siten lumen määrään talvella. Tulevaisuudessa koko Suomessa lumen osuus talvien sateesta tuleekin vähenemään. Tästä huolimatta myös runsaslumisista talvia tulee tulevaisuudessakin esiintymään, mutta nykyistä harvemmin. Maanteiden talvikunnossapidossa tulee siis jatkossakin varautua kovasti vaihteleviin talviin. (Ilmasto-opas 2015.)

Talven lumisadepäivät ja lumen määrä vähenee suhteellisesti enemmän etelässä kuin pohjoisessa. Asiaa on havainnollistettu kuvassa 16. Etelä-Suomessa lumiset päivät voivat vähentyä vuosisadan loppuun mennessä jopa puolella. Lumen määrässä mitattuna tämä tarkoittaisi vieläkin suurempaa muutosta, jopa 80–90 % vähenemistä. Pohjois-Suomessa lumiset päivät vähenisivät maltillisemmin, noin 20–30 % vuosisadan loppuun mennessä. Pohjoisessakin lumipeitteen massasta menetettäisiin noin 40–70 %.

Aikaisemmista luvuista poiketen edellä esitetyt ennusteet perustuvat A2-kasvihuone-skenaarioon, eikä RCP-skenaarioihin. A2-skenaario on ilmastomuutoksen hillinnän onnistumisen suhteen pessimistinen skenaario, samoin kuin esim. RCP 8.5.

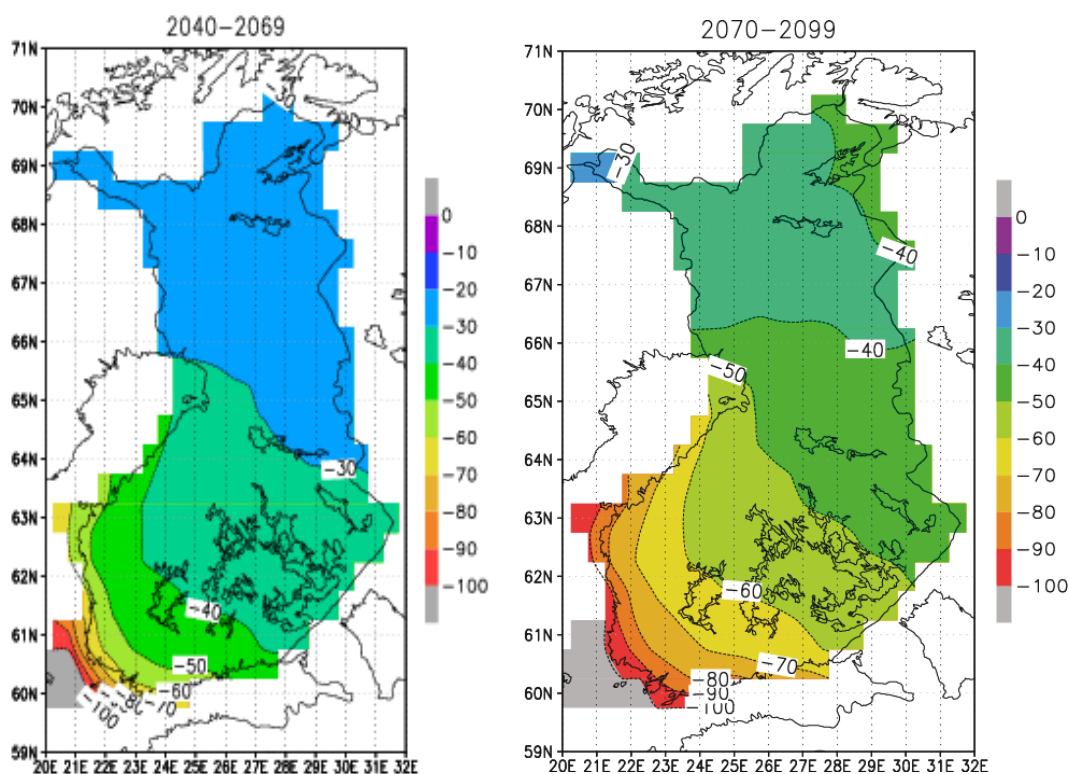


Kuva 16. Alueellisen ilmastomallin ennustama lumipäivien määrän muutos (vasen kuva) sekä lumen keskimääräisen vesiarvon muutos (oikea kuva). Molemmissa kuvissa on esitetty prosentuaalinen muutos siirryttäessä jaksosta 1961–1990 jaksoon 2070–2099, olettaen kasvihuonekaasujen pitoisuuksien seuraavan pessimististä A2-skenaariota (Ilmasto-opas 2015)

#### 4.2.5 Roudan syvyys pienenee

Maan jäätyminen syvyys tulee muuttumaan ilmastomuutoksen myötä etenkin Etelä-Suomessa. Tulevaisuudessa ilmastomuutoksen myötä roudan syvyys tulee pienemään koko maassa. Muutoksessa on havaittavissa suuria maantieteellisiä eroja. Suomen aivan eteläisimmissä osissa, etenkin lounaissaaristossa maa pysyisi suurimman aikaa talvikautena sulana. Lapissa muutokset olisivat vastaavasti huomattavasti pienempiä. (Ilmasto-opas 2015.)

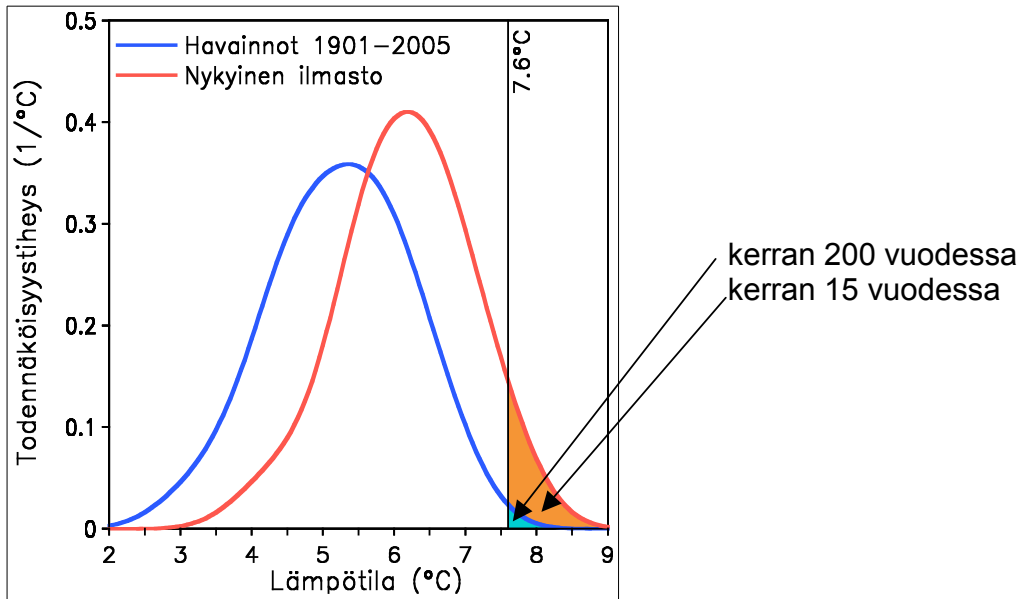
Esitetyt kartat (kuva 17) kertovat muutoksen niillä alueilla jotka ovat luonnostaan lumettomia tai ihmisten lumesta puhdistamia. Lumen eristävää vaikutusta ei ole tässä otettu huomioon vaan laskelma on tehty pakkassumman ja maalajikartan perusteella. Lumen määrällä on vahva käänteisverrannollisuus maan jäätyksen syvyyteen, mutta muutoksen mallintaminen ja esittäminen yksinkertaisesti eivät ole helppoa.



Kuva 17. Lumettomien alueiden routakerroksen ennustettu oheneminen (prosentteina) tavanomaisena talvena. Vasemmassa kuvassa on käytetty laskelman pohjana mallien ennustamaa lämpötilan nousua jaksolle 2040–2069. Oikeanpuoleinen kuva esittää tilannetta jaksolla 2070–2099 aikana. Molemmissa vertailukohtana on jakso 1971–2000 (ilmasto-opas 2015)

#### 4.2.6 Poikkeukselliset sääolot lisääntyvät

IPCC:n erikoisraportti vuodelta 2011 keskittyy äärisääilmiöihin ja niihin varautumiseen globaalisti. Selvityksessä todetaan ilmastonmuutoksen muuttavan mm. eri sääilmiöiden esiintymistäajuutta, voimakkuutta, sijaintia ja kestoja. Pienikin keskilämpötilan nousu voi vaikuttaa merkittävästi äärevien tilanteiden (poikkeuksellisen lämmen/kylmän) todennäköisyyteen (Kuva 18) (MMM 2009). Lisäksi Ilmastonmuutoksella voi olla nykyisellään tuntemattomia vaikutuksia, joita on vaikea ennakoida. Selvimpiä esimerkkejä äärisääilmiöistä ja niiden lisääntymisestä ovat kiusallisen kuumien kausien piteneminen sekä rankkasateiden lisääntyminen. Lisäksi merenpinnan ennustetaan nousevan sekä tuulten maksiminopeuksien kasvavan.



Kuva 18. Helsingin vuosikesilämpötilan todennäköisyysjakauma laskettuna vuosilta 1901–2005 ja ilmastomalleihin perustuva todennäköisyysjakauma, jossa on otettu huomioon ilmaston lämpeneminen (MMM 2009)

### 4.3 Ennustetut vaikutukset maanteiden kuivatukseen ja sen kunnossapitoon

Ilmastomuutoksen vaikutuksia tienpitoon on arvioitu 2000-luvulla useissa kotimaisissa sekä ulkomaisissa selvityksissä. Maantieliikenne onkin varsin herkkä ilmastossa tapahtuville muutoksille (Ilmasto-opas 2015). Varsinaisia vaikutuksia tien kuivatukseen ja sen kunnossapitoon ei ole kuitenkaan käsitelty kovin yksityiskohtaisesti.

Maantieliikenteen kannalta ilmastomuutoksen oleelliset säätökijät ovat lämpötila, sade ja tuuli. Muutokset edellä mainituissa sääilmiöissä altistavat maantieliikenteen erilaisille häiriöille, vaurioittavat tierakenteita ja päällysteitä sekä muuttavat maanteiden kunnossapitotarvetta. Kumulatiivisiin vaikutuksiin vaikuttaa myös teiden yleinen kunto ja niiden käyttöaste. Nyt ja tulevaisuudessa käyttöaste määrittääkin pitkälti kunnossapidon tason ja sen missä määrin voidaan varautua muuttuviin sääoloihin.

Ilmastomuutoksen on arvioitu lisäävän kokonaisuudessaan hoidon ja ylläpidon kustannuksia. Vaikutukset kunnossapidon kustannuksiin vaihtelevat eri puolella Suomea. Eniten on arvioitu kustannusten lisääntyvän sorateiden hoidossa ja päällysteiden ylläpidossa. Esim. sorateiden hoidon kustannukset vuonna 2015 ovat n. 14 % hoidon kokonaiskustannuksista. Vastaavasti kuivatuksen osuus kunnossapidon kokonaiskustannuksista on urakkakautena ollut keskimäärin 7–8 % vuodessa Pirkanmaan ja Kaakkois-Suomen ELY-keskuksissa vuosina 2009–2012 (Ahosuo 2013). Näin ollen kuivatuksen osuuden koko kunnossapidosta voidaan olettaa olevan noin 1 % luokkaa. Ilmastomuutoksesta kuivatuksen kunnossapidolle aiheutuvia haittoja ja niiden merkittävyyttä tarkasteltaessa tulee huomioida edellä esitetty kustannusjako. Varsinaisia konkreettisia haittoja on esitetty seuraavissa kappaleissa.



Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät sateet lisäävät tulvaherkkyyttä ja muuttavat pohjavedenpinnan tasoa. Pohjavedenpinnan tason selkeä nouseminen pienentää tehokasta jännitystä maassa ja siten alentaa tien kantavuutta normaalia vuodenaikaisvaihtelua enemmän ja siten altistaa tien erilaisille vaurioille (epätasaiset muodonmuutokset, painumat, urautuminen). Kantavuuden aleneminen on vaarallista etenkin riittämättömin rakennekerroksin perustetuilla sorateilla, joissa alusrakenteelle siirtyvät kuormat ovat suuria. Kevätaikaan sorateiden kantavuus alenee luonnollisten sääolojen vaikutuksesta 20–60 % eli tapahtuu ns. kevätkelirikkoa. Pohjaveden pinnan pysyvä nouseminen voi siten lisätä merkittävästi kevätkelirikkoa ja entisestään hankaloittaa esim. raskaan liikenteen liikennöintiä sorateilla kevätaikaan. (Ehrola 1996.)

Tulvariskin kasvu lisää tiepenkereiden- ja leikkausten sortumavaaraa tulevaisuudessa. Äkillisten rankkasateiden ylittäessä kuivatusjärjestelmän välityskyvyn, aiheuttavat kasvavat virtaamat eroosiota mm. rumpujen ja siltojen ympäriltä. Pahimassa tapauksessa seurauksena on tierakenteen pettäminen ja kokonaisen tieosuuden poishuuhtoutuminen. Myös päällisin puolin ehjänä tulvasta säilyneet rakenteet ovat vettyneinä normaalia alttiimpia liikennekuormituksesta aiheutuville rasituksille. Alla on listattuna ilmastonmuutoksen merkittävimmät vaikutukset maanteiden kuivatukseen.

Ilmastonmuutoksen ennakoidut haitat liikenteelle Suomessa (Tiehallinto 2009 a):

- teiden sortumariski kasvaa
- tulva- ja rankkasateet vaurioittavat tierakenteita, etenkin sorateilla on odotettavissa ongelmia
- nykymitoitukselle perustuva kuivatusjärjestelyjen toimivuus vaarantuu
- poikkeukselliset keliolosuhteet lisääntyvät
- liikenteen häiriöalttius kasvaa
- toimivuushäiriöiden korjaaminen tuottaa lisäkustannuksia, samoin varautuminen häiriöihin

Lisääntyvien sateiden aiheuttama pohjavedenpinnan nousu sekä jäätyminen hidastuminen leutoina talvina tulevat lisäämään mm. syyskelirikosta aiheutuvia ongelmia (Tiehallinto 2009 a). Ilmastonmuutoksen seurauksena kelirikkokausi pitenee yleisesti, minkä vuoksi kuivatuksen kunnossapitoa tulisi tehdä nykyistä suunnitelmallisemmin (Tiehallinto 2009 a).

Korkeammat lämpötilat puolestaan voivat aiheuttaa päällysteiden pehmenemistä ja laajentumista, mikä aiheuttaa urautumista, kuoppia ja siltojen liikuntasaumojen hajoamista, mitkä lisäävät haitallisen veden kulkeutumista rakenteisiin. Ilmastonmuutoksen myötä mahdollisesti lisääntyvät normaalia pidemmät kuivat kaudet voivat lisätä riskiä teiden sortumiseen. Tämä johtuu tierakenteen kuivumisesta ja pohjaveden laskemisesta aiheutuvasta kuorman lisääntymisestä alusrakenteelle.

Ilmastonmuutoksen myötä maanteiden hoidosta ja ylläpidosta vastaavien tulee jatkossa pystyä vastaamaan lyhytaikaisiin säähäiriöihin operatiivisen toiminnan suunnittelun kautta (ilmasto-opas (2015). Liikennevirasto on linjannut, että poikkeusolosuhteita varten tulisi olla urakoitsijan kanssa sovittuna selkeät toimintasuunnitelmat, joiden mukaan yllättävässä tilanteessa tulisi edetä (Tiehallinto 2008).

## 5 Riskienhallinnan näkökulma ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ja varautumisessa

### 5.1 Ilmastonmuutokseen liittyvien riskien hallinta

Ilmastonmuutoksesta kuivatusjärjestelmille aiheutuvien uhkien vakavuutta voidaan arvioida riskitarkastelujen avulla. Ilmastoriskien hallinta liittyy ilmastonmuutokseen sopeutumiseen ja yhteiskunnan ilmastokestävyys. Riskille on esitetty useita määritelmiä. Se voidaan määritellä esimerkiksi epäedullisen tapahtuman todennäköisyyden ja seurausten funktiona, epäedullisen tapahtuman todennäköisyytenä tai epäedullisen tapahtuman seurausten, ympäristön haavoittuvuuden ja altistuksen funktiona.

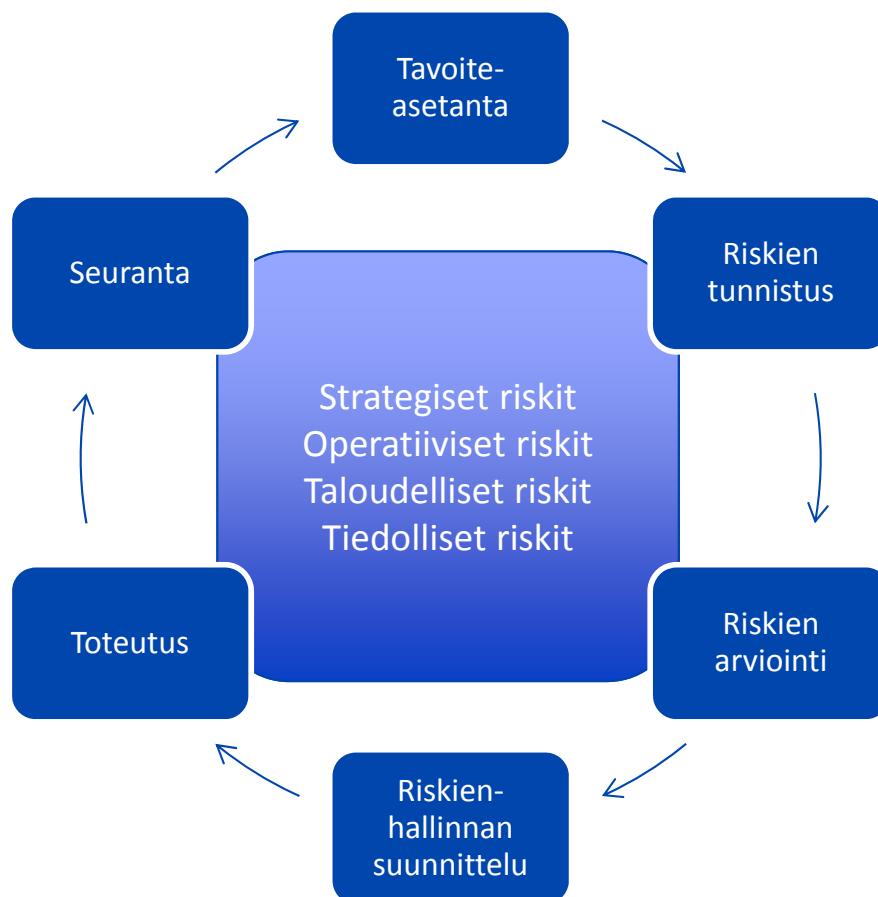
Riskienhallinnalla tarkoitetaan seurauksiltaan merkittävien epäedullisten tapahtumien (riskien) järjestelmällistä määrittelyä ja niihin varautumista. Riskienhallintaan kuuluu osana riskien arviointi, jolla tarkoitetaan systemaattista menettelyä ja jatkuvaa prosessia riskien tunnistamiseksi. Riskien arvioinnissa laskennallisten riskien merkittävyyttä voidaan analysoida vertaamalla niitä järjestelmän sallittuihin riskeihin. Riskien hallintaprosessiin kuuluu olennaisena osana ulkoisen toimintaympäristön ja sen muutosten vaikutusten arviointi järjestelmän toimintaan. Uhkien ja riskien riittävän aikainen tunnistaminen mahdollistaa korjaavien toimien tekemisen ennen uhkien toteutumista - virheitä, vahinkoja tai haittoja järjestelmässä.

Ilmastonmuutoksen monimutkaiset vaikutusketjut tuovat omat haasteensa ilmastolisten muutoksien ajoittamisen ja suuruuden arviointiin. Ilmastoan liittyvien tapahtumien syy-seuraus-suhteet ovat usein vaikeasti havaittavissa ja riskien poistamiseksi tarvitaan laajaa tietopohjaa ja käsittelykapasiteettia. (Ilmasto.org 2015.)

### 5.2 Riskienhallinnan menettelyt Liikennevirastossa

Liikennevirastossa riskienhallinnalla nähdään saavutettavan merkittäviä hyötyjä hankkeiden suunnittelu- ja toteutusprosessiin (Liikennevirasto 2011 a). Hyvällä riskienhallinnalla voidaan parantaa hankkeiden ja suunnitelmien laatua sekä ennaltaehkäistä ongelmia ja vaaratilanteita toiminnan aikana. Riskienhallinta tarkoittaa viraston toimintaan liittyvien eritasoisten riskien systemaattista tunnistamista, niiden merkittävyyden arviointia ja riskien hallintaa sekä tarvittaessa hallittua riskinottoa (kuva 19).

Liikennevirastossa noudatettavat riskienhallinnan periaatteet on määritelty Liikenneviraston riskienhallinnan menettelytapaohjeessa. Ohjeen mukaiset käytännöt koskevat koko Liikenneviraston toimintaa ja soveltuvin osin ELY-keskusten Liikenneviraston ohjaamaa tienpitoa. Liikenneviraston riskienhallinnan menettelytapaohje perustuu rakenteeltaan yleisesti hyväksyttyyn riskienhallinnan COSO-ERM-viitekehykseen.



Kuva 19. Liikenneviraston riskienhallinnan kehys (Liikennevirasto 2012 a)

Liikennevirasto luokittelee risksinsä neljään pääluokkaan – strategiset, operatiiviset, taloudelliset ja tiedolliset riskit. Liikennejärjestelmään kohdistuvina keskeisimpinä uhkina ovat Liikennevirastossa tunnistettu mm. luonnon ääri-ilmiöt (Liikennevirasto 2011 c). Ilmastonmuutoksen voidaan arvioida olevan sellainen toimintaympäristöä muuttava tekijä, että se aiheuttaa Liikennevirastolle riskien lisääntymistä kaikissa neljässä riskiluokassa. Onkin varsin perusteltua tunnistaa tarkemmin ilmastonmuutokseen liittyvät riskit tienpidossa, laatia tarkempia kuvauksia riskien merkittävydestä ja sen jälkeen suunnitella tarkemmin riskienhallinnan toimenpiteet. (Liikennevirasto 2012 a.)

Liikennevirastossa riskien arviointi perustuu malliin, jossa arvioidaan riskin toteutumisen todennäköisyyttä ja riskin toteutumisen merkittävyyttä viraston toiminnan jatkuvuuden ja tavoitteiden kannalta. Yksittäisen riskin muodostaman kokonaisriskin arviointi tehdään seuraavan menettelyn mukaisesti:

- riskin todennäköisyys arvioidaan asteikoilla 1–5 (1 = vähäinen, 5 = erittäin suuri)
- riskin toteutumisen merkittävyys arvioidaan asteikolla 1–5 (1=vähäisiä vaikutuksia, 5=erittäin suuria vaikutuksia)
- määritetään kokonaisriski ja toimenpideluokka, jossa otetaan huomioon myös riskien riippuvuus muista riskeistä

## 5.3 Ilmastomuutokseen liittyvien riskien hallintaan kehitetyt työkalut

### 5.3.1 RIMAROCC-menetelmä ilmastomuutokseen liittyvien riskien arvioimiseksi tienpidossa

#### Menetelmän kuvaus

RIMAROCC-projektissa kehitettiin yleispätevä ilmastomuutokseen liittyvien riskien hallintamenetelmä tukemaan sopeutumistoimiin liittyvää päätöksentekoa tienpidossa. Menetelmä kehitettiin yleisesti käytössä olevien riskienhallinnan periaatteiden ja standardien pohjalta ja se soveltuu käytettäväksi sekä peruskorjaus- ja parantamishankkeilla että kunnossapidossa (Bles et al. 2010 a).

RIMAROCC -menetelmä on vaiheittain tarkentuva jatkuvaan parantamiseen ja tuoreimman tiedon nopeaan hyödyntämiseen sekä jatkuvaan vuorovaikutukseen tähtäävä prosessi, joka koostuu taulukossa 4 esitetyistä vaiheista. Vaiheiden keskinäinen looginen järjestys on tärkeää säilyttää, mutta työ voi kuitenkin olla samanaikaisesti käynnissä useissa eri vaiheissa. Menetelmää voidaan käyttää asiantuntija-arvioiden laatimisessa (tutkielmat, haastattelut kyselyt, arviot) tai työryhmyöskentelyn pohjana (maastokävelyt, työpajat) samaan tapaan kuin yleisiä riskienhallinnan menetelmiä käytetään. RIMAROCC-menetelmä voidaan ottaa riskienhallintaprosessin lähtökohdaksi laajoissa tarkasteluissa tai sitä voidaan käyttää rajatumpiin kokonaisuuksiin kohdistuvien riskien arvioinnissa (rakennekohtaiset tarkastelut, tieosuuksia koskevat tarkastelut, verkon osia koskevat tarkastelut tai alueellisesti rajatut tarkastelut). (Bles et al. 2010 a.)

Taulukko 4. RIMAROCC -metodin vaiheet (Bles et al.2010 a).

Päävaiheet	Osavaiheet
1. Riskienhallinnan viitekehyksen määrittely	1.1 Määritellään riskienhallinnan yleinen viitekehys: riskienhallinnan päämäärät ja tavoitteet, vastuut, rajaukset, mukaan kuuluvien osa-alueiden määrittelyt, riippuvuudet ja riskienhallintaprosessin tuloksellisuuden mittarit 1.2 Määritellään riskienhallinnan osa-aluekohtainen viitekehys (jos yleinen viitekehys ei sovellu kaikille osa-alueille) 1.3 Riskienhallinnan kriteerien ja indikaattoreiden määrittely riskien merkittävyyden arvioimiseksi
2. Riskien tunnistaminen	2.1 Riskejä aiheuttavien uhkien tunnistaminen 2.2 Haavoittuvuuksien tunnistaminen 2.3 Seurausvaikutusten tunnistaminen (suorat ja epäsuorat vaikutukset)
3. Riskien analysointi	3.1 Tapahtumaketjujen ja riskiskenaarioiden kuvaus 3.2 Riskien vaikutusten arviointi (hyödynnetään vaiheiden 1.3 ja 2.3 tuloksia, kustannukset tai laadullinen arviointi) 3.3 Tapahtumien todennäköisyyksien arviointi 3.4 Riskitaulukon kokoaminen (riskien todennäköisyydet ja vaikutukset)
4. Riskiarvion laatiminen	4.1 Merkittävimpien riskien tunnistaminen (riskimatriisi) 4.2 Ilmastoriskien ja muiden riskien vertailu 4.3 Hyväksyttävän riskitason määrittely
5. Haavoittuvuuden vähentäminen (riskien minimointi)	5.1 Sopeutumistoimien tunnistaminen merkittävimpien riskien välttämiseksi (riskit, joita ei voida hyväksyä) 5.2 Sopeutumistoimien kuvaaminen ja sopeutumisen toimenpideohjelman laatiminen 5.3 Sopeutumisen toimenpideohjelman toteuttamisesta sopiminen 5.4 Toimenpideohjelmien tarkentaminen sopeutumisen toimintasuunnitelmiksi
6. Sopeutumistyö	6.1 Toimintasuunnitelmien tarkentaminen työohjelmiksi 6.2 Sopeutumistyön käynnistäminen
7. Sopeutumistyön seuranta ja arviointi	7.1 Säännöllinen seuranta ja arviointi 7.2 Toimintasuunnitelmien tarkistaminen tarvittaessa (uutta tietoa saatavilla tai toteutus on viivästynyt) 7.3 Sopeutumistyössä kertyvän kokemuksen dokumentointi ja hyödyntäminen sopeutumistyön suunnittelussa ja kehittämisessä
Jatkuva vuorovaikutus osapuolten kesken riskienhallintaprosessin eri vaiheissa.	

### Case-esimerkit ja muut esimerkit riskienhallintamenetelmän käytöstä

Kehittämisvaiheessa RIMAROCC-metodia testattiin neljän Case-esimerkin kautta:

1. Hollannissa menetelmällä tehtiin alueellinen tarkastelu, jossa tarkasteltiin äärisääilmiöiden vaikutuksia (korkeat lämpötilat ja äärimmäinen rankkasade) kahdella valtakunnallisella maantiellä A2 ja A58. Johtopäätöksenä todettiin, että menetelmä sopi hyvin tämän tyyppisille tarkasteluille järjestelmällisen etenemistavan ja joustavuuden vuoksi (Bles et al. 2010 a).
2. Ranskassa tehtiin verkkotason tarkastelu maan pohjoisosien moottoritieverkostoa (2000 km) koskien. Moottoritieverkoston ko. osaa operoi yksityinen toimija. Tarkasteltuun verkkoon liittyviä alemman luokan teitä operoivat muut toimijat (viranomaistahot). Analysoidun verkon laajuudesta johtuen tuloksena saatiin yleisen tason analyysi kriittisistä säätapahdumista, kriittisistä osuuksista ja solmukohdista, keskeisimmistä kustannusriskeistä ja suuntaviivat seuraavalle vaiheelle. Analyysin toimenpide-ehdotuksessa esitettiin mm. varoitus- ja operointitoiminnan tehostamista kriittisimmiksi havaituissa kohdissa, tarkentavien selvitysten kohdentamista kriittisimmiksi havaittuihin kohtiin verkolla sekä henkilöstön kouluttamista ilmastomuutokseen riskeihin liittyen (Bles et al. 2010 a).
3. Norjassa menetelmää testattiin vuoristoalueella kulkevan 18 km pituisen tieosuuden tarkastelussa. Tieosuus on erityisen altis lumivyöryille ja lumivyöryjen riskin arvellaan lisääntyvän ilmastomuutoksen myötä. Tieosuudelle ei ole vaihtoehtoista reittiä tai kulkumuotoa, joten lumivyörytilanteissa elintärkeät kuljetukset tieosuutta pitkin estyvät tai viivästyvät. Selostuksessa todettiin, että RIMAROCC-menetelmä sopii erityisen hyvin tämän tyyppisiin tarkasteluihin (Eidsvig et al. 2010).
4. Ruotsissa menetelmällä tehtiin rakennekohtainen tarkastelu, jossa analysoitiin patosortuman riski lähellä kansallista Rv90 -maantietä Väjan kylässä Ruotsin keskiosissa. Tien sulkeminen liikenteeltä voisi johtaa 10–20 km varareittijärjestelyihin. Selvityksen johtopäätöksissä todettiin, että riskien analysointi tulee tehdä yhdessä eri toimijoiden kesken ja että menettelytapa voi tuoda lisäarvoa verrattuna muihin käytössä oleviin menettelytapoihin. Lisäksi todettiin, että vaikutuksia ja todennäköisyyksiä käsittelevät osavaiheet (2.3, 3.2 ja 3.3) on käytännöllisintä toteuttaa samanaikaisesti (Bles et al. 2010 a).

Myöhemmin RIMAROCC-menetelmää on käytetty esimerkiksi Saksassa RIVA-projektissa osana laajempaa AdSVIS-tutkimusohjelmaa. Projektissa kehitettiin ilmastomuutokseen sopeutumiseen tähtäävää riskienhallintamenetelmää Saksan moottoritieverkostolle (12 000 km, 17 000 siltaa) RIMAROCC:n vaiheisiin 1–5 perustuen.

### Menetelmän sovellettavuus Suomessa

Menetelmää ei ole testattu Suomessa tienpidon tarkasteluissa, mutta todennäköisesti menetelmä soveltuisi hyvin tarkastelujen tekoon myös Suomessa eri tasoilla. Liikennevirasto on laatinut vuonna 2011 esiselvityksen liikennejärjestelmätason riskien arvionnista. Selvityksessä suositeltiin jatkotoimenpiteenä mm. liikennejärjestelmän riskienhallintastrategian laatimista ja liikennejärjestelmää koskevan

riskienhallintaohjeistuksen ja -suunnitelman tekemistä sekä kriittisen infrastruktuurin ja ns. heikkojen lenkkien määrittämistä (Liikennevirasto 2011 c). Mikäli tässä liikennejärjestelmätason riskienhallintatyössä edetään, voisi yleisiin standardeihin perustuva RIMAROCC-menetelmä olla yhtenä lähtökohtana työn tekemiselle.

### 5.3.2 Menetelmät kuivatusjärjestelmien toimintakyvyn arvioimiseksi

Kuivatusjärjestelmien toimintakyvyn arviointimenetelmiä on kehitetty erityisesti taajaan asutuille alueille hulevesitulvien riskien arvioimiseksi. Kuivatuksellisten ongelmakohteiden tunnistaminen ja riskiherkimpien paikkojen tunnistaminen on keskeistä rajallisten resurssien kohdentamiseksi tärkeimpien kohtien korjaamiseksi. Koko kuivatusjärjestelmää ei ole mahdollista (tai edes tarpeellista) kunnostaa korkeatasoiseksi ja rakentaa uudestaan. Hulevesien hallinnan kokonaisvaltainen suunnittelu ja yhteisten periaatteiden luominen on tullut ajankohtaiseksi mm. EU:n vesipuite- ja tulvadirektiivien myötä (direktiivit tulivat voimaan vuonna 2000 ja 2007). Myös Tiehallinnossa havahduttiin ilmastomuutoksen myötä lisääntyvään hulevesi- ja vesistötulvien riskiin ja vuoden 2009 riskienhallintapolitiikan päivityksessä nostettiin sään ääri-ilmiöiden aiheuttamat hallitsemattomat häiriöt yhdeksi tienpidon strategisten riskien avainriskiksi.

Kunnostustarpeiden kohdentamiseksi tarvitaan riittävä tietopohja ja toimivat työkalut – kokemusperäinen tieto tulvaherkimpien kohteiden sijainnista ja tulvien vakavuudesta ja vaikutusten laajuudesta ei ole useinkaan riittävää. Liikennevirastossa ja ELY-keskuksissa ei ole tällä hetkellä vakiintunutta käytäntöä maanteiden tulvaherkkien kohteiden tunnistamiseksi. Seuraavassa on esitelty muutamia työkaluja tulvariskien arvioimiseksi, tulvapaikkojen ja kuivatuspuutteiden tunnistamiseksi sekä arvioitu näiden soveltuvuutta maanteiden kuivatusjärjestelmien toimintakyvyn arvioimiseksi.

#### Tulvariski-arvo- FSI, Highways agency

Brittiläinen Highways Agency on kehittänyt yksinkertaisen menetelmän tulvariskien arvioimiseksi maanteilla. Riskiä arvioidaan alla esitetyn kaavan avulla:

$$FSI = A * B * C * D$$

FSI= Flood severity index (tulvariski-arvo)

A= tieluokka (1.0-0.7) -> 1.0 (moottoritie), 0.9 (valtatie 3+3), 0.8 (valtatie 2+2), 0.7 (muu tie)

B= KVL (1.0-0.6) -> 1.0 (>25 000), 0.8 (15000-25000), 0.6 (<15 000), 0.8 (ei tunneta)

C= Vaikutukset liikenteeseen (1.0-0.0) -> 1.0 (tien sulkeminen kokonaan), 0.9 (vähintään 1 kaista suljettuna), 0.8 (ei tunneta), 0.7 (ruuhka), 0.6 (päällystetty piennar suljettu), 0.0 (ei vaikutusta)

D= Vaikutuksen kesto (1.0-0.0) -> 1.0 (>2h), 0.9 (1-2 h), 0.8 (0,25-1 h), 0.8 (ei tunneta), 0.0 (<0,25 h)

Menetelmällä voidaan priorisoida riskeiltään merkittävimmät maanteiden tulvakohteet. Lähtöaineistoksi tarkasteluun tarvitaan tiedot tieverkosta, liikenteestä ja tulvaherkiksi tunnistetuista kohdista. Lisäksi tarvitaan arviot tulvan vaikutuksista liikenteeseen sekä vaikutuksen kestosta. Mikäli tarvittavia yksityiskohtaisia tietoja kohteista ei ole olemassa, annetaan Highways Agencyn menettelyssä muuttujille melko suuria arvoja, jotta tulvakohteiden riskianalyseissä mahdollisia riskejä ei aliarvioitaisi. Tieosuuksien tulvariskiarvio voidaan tehdä yhdistämällä ko. osuuden kaikkien tulvariskikohteiden tiedot (HMEP 2012)

#### FSI- laskennan sovellettavuus Suomeen

Highways Agencyn käyttämä riskipohjainen tulvaherkkien kohteiden tarkastelumenetelmä on yksinkertainen ja periaatteessa soveltuu käytettäväksi Suomeen, mutta vaatii asiantuntija-arvioiden tekemistä termien C (vaikutukset liikenteeseen) ja D (vaikutuksen kesto) osalta. Lisäksi kaavassa käytetyille muuttujille eri tilanteissa annettavat arvot tulee sovittaa suomalaisiin olosuhteisiin. Suoraan esimerkiksi Tiekisteriin kerättyjen tietojen perusteella laskentaa ei ole mahdollista tehdä, koska maanteiden tulvatapahtumista ei nykyisin kerätä vaikutusten laajuutta ja tapahtumien kestoa kuvaavaa tietoa. Mikäli alueurakoissa ryhdytään jatkossa keräämään tarkempaa tietoa maanteiden tulvatapahtumista, kannattaisi kerättäviin tietolajeihin lisätä tulvien vaikutuksia ja kestoa kuvaavat tiedot.

#### Maantieverkon tulvaherkkien kohteiden mallintaminen- yhteiseurooppalaiset SWAMP- ja ROADAPT-projektit

Eurooppalaisten tiehallintojen yhteisessä projektissa ”Road Owners Getting to Grips with Climate Change” kehitettiin mallintamiseen ja simulointiin perustuva maanteiden kuivatuksen toimintakyvyn arviointimenetelmä SWAMP (storm water prevention). Menetelmässä veden kertymistä maastoon tarkastellaan ns. hydrologisesti sovitettun maastomallin avulla. Tavoitteena on löytää alavat tienkohdat, joissa tulvavauriot voisivat rankkasateen vuoksi olla mahdollisia. Tulvariskin kannalta kriittisimpiä kohteita tieverkolla kutsutaan menetelmässä sinisiksi pisteiksi eli blue spoteiksi (Jeekel et al. 2012).

SWAMP:n perusmenetelmä on kaksivaiheinen:

1. Analysoidaan alueella vettä pidättävät yli 3 m<sup>3</sup> suuruiset maastopainanteet. Ne luokitellaan mahdollisiksi tulvakohteiksi.
2. Jaetaan tulvakohteet viiteen riskiluokkaan sen mukaan kuinka suuri sadanta riittää painanteen täyttämiseen. Vakavimman riskin (ensimmäisessä) luokassa ovat painanteet, joiden täyttymiseen riittää 25 mm sadanta /24 h, toisessa luokassa 50 mm sadanta, kolmannessa luokassa 75 mm sadanta, neljännessä luokassa 100 mm sadanta ja viidennessä luokassa yli 100 mm sadanta (Jeekel et al. 2012).

Perusanalyysin tuloksena saadaan esimerkiksi kuvan 20 mukainen karttaesitys, jossa alueet on luokiteltu riskin vakavuuden mukaan (Jeekel et al. 2012).

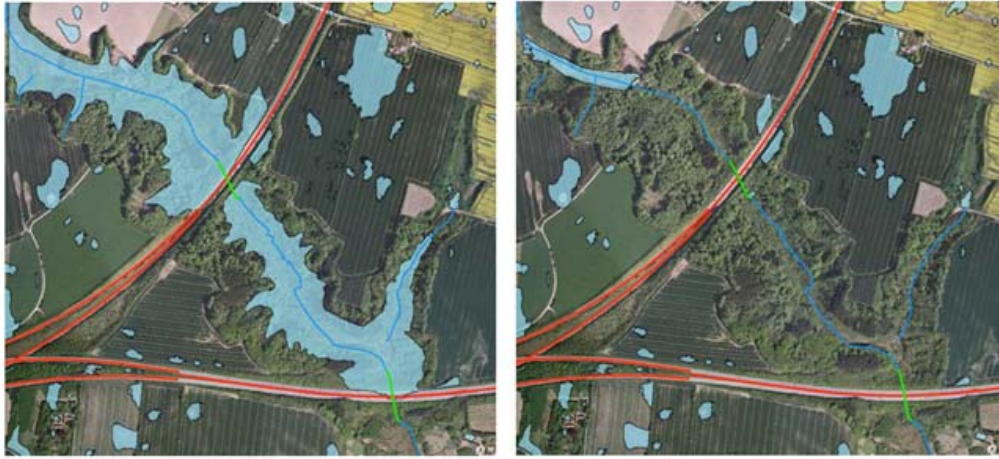




Kuva 20. Vettä keräävät painanteet luokiteltuna riskin mukaa (Petkovic et al. 2012).

Perusanalyysiä voidaan täydentää kolmannella laskentavaiheella, jossa mallinnetaan tulvatilanteen eteneminen: tulvan syntyminen ja sen purkautuminen uomia ja kuivatusjärjestelmiä pitkin. Kolmannesta vaiheesta saadut tulokset kuvaavat paremmin todellista tulvariskiä, kuin perusmenetelmän tulokset, mutta vaativat monipuolisemman aineiston mallinnuksen lähtökohdaksi (Jeekel et al. 2012).

Laskentoihin käytetään ns. hydrodynaamisesti sovitettua maastomallia, joka sisältää tiedot maanpinnan muodoista (mukaan lukien maanteiden korkeusasema), vesivarastoista ja painanteista sekä lisäksi tiedot alueella olevista vettä johtavista katetuista uomista, rummuista ja silloista, jotka tavanomaisesta maastomallista puuttavat. Maastomallin hydrodynaamisen sovittamisen vaikutuksia laskentatuloksiin voi tarkastella kuvan 21B avulla. Kuvassa 21A nähdään, että tiet toimivat tavallisen maastomallin pohjalta tehdyssä laskennassa esteinä veden liikkumiselle. Kun laskennassa käytetään hydrodynaamisesti sovitettua maastomallia, vesi ei keräänny vaan se purkautuu todellisuutta vastaavasti maanteiden kuivatusjärjestelyjen kautta (Jeekel et al. 2012).



Kuva 21 A. Mallinnus tavanomaisella maastomallilla. B. Mallinnus hydrodynaamisesti sovitetulla maastomallilla (Jeekel et al. 2012).

SWAMP-menetelmää on kehitetty eteenpäin Hollannissa ROADAPT-projektissa. Tavoitteena oli selvittää Hollannin tieverkon tulvaherkät alueet. Tutkimuksessa hyödynnettiin SWAMP-projektissa tehtyjen mallinnusten lähtöaineistoja ja tuloksia. Aikaisemmin käytetty maastomalli oli tien korkeusaseman suhteen epätarkka ja lähtöaineistoa haluttiin sen osalta tarkentaa. Mallintaminen noudatteli SWAMP-projektissa kehitettyä menetelmää, mutta menetelmän toisen vaiheen tulosten tarkastelussa ja lopullisten tulvariskikohteiden valinnassa hyödynnettiin myös tiepiireiltä koottua kokemusperäistä tietoa tulvaherkistä alueista. (Bles et al. 2012 a)

Tutkimuksen tuloksena todettiin, että Hollannin tieverkolla ei ole juurikaan riskiä hulevesistä aiheutuviin tulviin. Lisäksi todettiin, että vähäisestä hulevesitulvien riskistä johtuen Hollannin tieverkolle ei ole tarpeellista tehdä tarkempia tulvariskikohteiden tarkasteluja. Tutkimuksen tuloksissa suositeltiin myös kiinnittämään huomiota kokemusperäiseen tietoon tulvariskikohteista sekä huolehtimaan kuivatusjärjestelmien riittävästä kunnossapidosta (Bles et al. 2012 a).

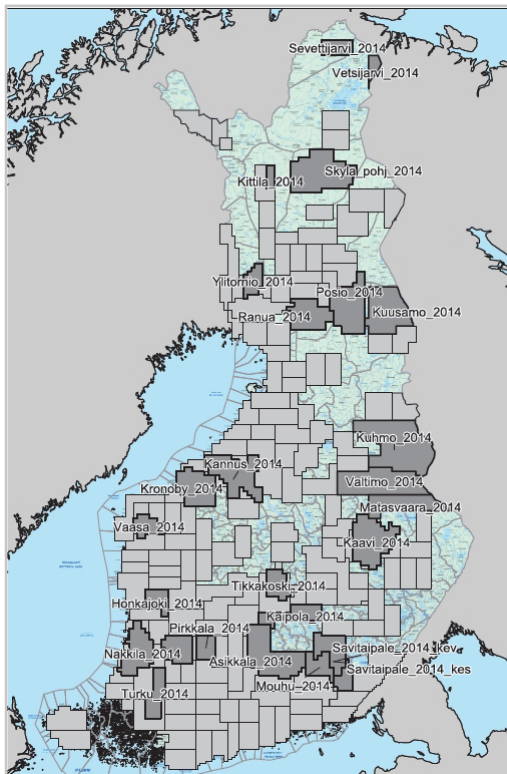


*Kuva 22. Hollannin tiehallinto on kartoittanut maantieverkon riskialttiit kohdat Blue Spots -menetelmällä ROADAPT-projektin yhteydessä vuonna 2011. Projektin yhteydessä todettiin, että Hollannin tieverkolla on vain pieni riski pitkäaikaisten sateiden aiheuttamille tulville, mutta erittäin rankat sadekuurot voivat tulevaisuudessa aiheuttaa ongelmia, koska ne ovat Hollannissa pitkäaikaisia sateita yleisempi sääilmiö.*

#### SWAMP- menetelmän sovellettavuus Suomeen

Paikkatietopohjaista tulvakohteiden kartoittamista kannattaisi Liikennevirastossakin selvittää tarkemmin. Mahdollisuudet tarkasteluihin tulevat lähivuosina parantumaan nykyisestä, sillä Maanmittauslaitoksen tavoitteena on saada koko Suomi laserkeilattua vuoteen 2019 mennessä (kuva 23). Lasekeilauksessa tuotetaan aineistoa, jossa korkeustarkkuus on 0,3 m (2M-korkeusmalli). Tällä hetkellä tarkin valtakunnallinen maankorkeutta kuvaava malli on ruutukooltaan 10 m \* 10 m, ja sen korkeustiedon tarkkuus on 1,4 m. (Maanmittauslaitos 2015)

Maanteiden tulvaherkkien kohteiden analysointia varten maastoa kuvaavaa laserkeilausaineistoa kannattaisi todennäköisesti täydentää maanteiden korkeusasemaa tarkemmin kuvaavilla tiedoilla sekä rumpujen ja silta-aukkojen tiedoilla. Täydennystarve tulisi ainakin selvittää ennen tulvalaskentojen toteuttamista. Tarkempi selvitys SWAMP-menetelmän hyödynnettävyydestä kannattaisi tehdä esimerkiksi siinä yhteydessä, kun muutoinkin selvitetään MML:n uuden laserkeilausaineiston hyödyntämistä tienpidon tarpeisiin.



Kuva 23. Kartta vuoden 2014 toteutuneista maanmittauslaitoksen laserkeilauksista (MML 2015)

### TURINA-analyysi merkittävimpien tulvariskialueiden tunnistamiseksi

SWAMP-menetelmää vastaavia paikkatietopohjaisia mallinnusmenetelmiä on kehitetty aiemmin tulvasuojelusta vastaavien viranomaisten toimesta useissa Euroopan maissa: Suomessa SYKE on kehittänyt tulvadirketiivin täytäntöönpanoa varten TURINA-analyysin. Menetelmä on paikkatietopohjainen analyysi, jolla tunnistetaan kansallisesti merkittävimmät vesistöjen lähellä olevat tulvariskialueet. Analyysi perustuu kokemukseräisen tulvatiedon, hydrologisten havaintojen ja erilaisten paikkatietoaineistojen hyödyntämiseen. Menetelmässä ei kuitenkaan huomioida maantieverkon tarkkaa korkeusasemaa tai kuivatusjärjestelyjä.

Merkittäville tulvariskialueille laaditaan alustavat tulvavaara- ja tulvariskikartat, joissa esitetään tietyillä todennäköisyyksillä tulvan laajuus ja vesisyvyys sekä tulvan aiheuttama vahinkopotentiali (mm. seurauksista kärsivien asukkaiden määrä ja ympäristölle haitalliset kohteet). TURINA-analyysin kartat ovat alustavia valuma-aluekohtaisia tarkasteluja, joita on käytetty mm. määrittettäessä alueita, joilta tehdään tarkemmat tulvavaarakartat (Sane 2010).

TURINA-paikkatietoanalyysin vaiheet ovat seuraavat (Sane 2010):

1. korkeusmallin muodostaminen sekä virtausreitit, valuma-alueiden, järvisyyden, painanteiden ja kaltevuuksien mallintaminen
2. virtaamalaskenta
3. vedenkorkeuslaskenta
4. alavien alueiden (TURINA-tulva-alue) laskenta
5. päällekkäisanalyysi TURINA-tulva-alueella, rakennusten tiedoilla, maankäyttöaineistoilla ja tieverkkoaineistolla
6. tulvariskiruutujen- ja alueiden visualisointi ja vesistöaluekohtaisten tunnuslukujen laskenta

TURINA-analyysissä käytetyn Digiroad-aineiston korkeustieto on liian epätarkka liikenneverkon tulvariskitarkasteluja varten. Maantieverkon tulvariskitarkasteluissa olisi mahdollista hyödyntää TURINA-analyysiä joko päivittämällä analyysin pohjana käytettyihin lähtöaineistoihin maanteiden tarkempi mitattu korkeustieto tai analysoimalla jälkikäteen TURINA-laskennassa tuotettua alavat maantiet -tietolajia (Sane 2010). Aiemmissa maanteiden tulvariskikohteita kartoittaneissa selvityksissä on kuitenkin todettu, että vesistötulvien riskialueilla olevien tiekohteiden tunnistamiseen tulisi ensisijaisesti käyttää tarkempia SYKE:n ja ELY-keskusten tulva-vaarakarttoja (Tiehallinto 2009 c).

#### Maanteiden tulvakohteiden tunnistaminen Liito-ilmoitusten perusteella

Liikennevirastossa toteutettiin vuonna 2014 valtakunnallinen maanteiden tulvakohteiden kartoitus hätätietojärjestelmään (HÄTI) 1.1.2010–19.5.2013 tulleiden Liito-ilmoitusten perusteella. Merkittävimpien liikennettä haittaavien toistuvien tulvakohteiden löytämiseksi Liito-ilmoituksissa (n. 12 000) esitettyjä kohteita karsittiin asiantuntijatyönä ELY -keskusten toimesta. Tulvariskikohteet (n. 500) vietiin kartoituksen perusteella tierekisteriin omaksi tietolajikseen. (Liikennevirasto 2014 b.)

Selvityksessä todettiin, että tulvakohteiden selvittäminen Liito-ilmoitusten pohjalta on työläs prosessi, jota ei ole tarvetta toistaa joka vuosi. Suurimmaksi ongelmaksi osoittautui Liito-ilmoitusten paikannuksen epätarkkuus ja ilmoitusten luokitteluun tarvittavien tietojen puuttuminen. Selvityksessä todettiin myös, että tarkastelu voi olla tarpeen muutaman vuoden välein tietojen päivittämiseksi. (Liikennevirasto 2014 b.) Tulvatyöryhmän kokouksessa maaliskuussa 2015 todettiin, että tulvatiedon keräämistä ja ylläpitämistä tulisi edistää nykyistä automatisoidumpaan suuntaan.



## 6 Ilmastonmuutoksesta ja tulvista tienpidolle aiheutuvat kustannukset

Ilmastonmuutoksesta maanteille koituvien taloudellisten vaikutuksien arvioiminen pitkällä aikavälillä on vaikeaa. Ennustaminen edellyttäisi tarkkoja tietoja maanteiden nykytilasta, kehityksestä ja maanteihin vaikuttavista luonnonilmiöistä. Lisäksi Ilmastonmuutokseen liittyvät kustannukset eivät jakaannu Suomessa tasaisesti, vaan esim. rannikkoalueilla ja muilla tulvaherkillä vesistöillä on odotettavissa muita maan osia enemmän ongelmia. Kaikkien kustannusten muuttaminen luvuiksi ei ole myöskään täysin ongelmaton. (ilmasto-opas 2015.)

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat haitat ovat myös riippuvaisia maanteiden korjausvelan määrästä. Liikenneväylien kunto on yleisesti kehittymässä huonompaan suuntaan johtuen perusväylänpidon rahoituksen riittämättömyydestä (Liikennevirasto 2014 c). On selvää, että huonokuntoinen väylä ei kestä sään ääri-ilmiöistä johtuvia ongelmia yhtä hyvin kuin hyväkuntoinen väylä, mikä entisestään pahentaa väylien korjausvelkaa.

Suomessa on tehty sopeutumissuunnitelman laatimiseen liittyen alustavia arvioita ilmastonmuutoksen taloudellisista vaikutuksista. Säiden ääri-ilmiöillä voi olla hyvin merkittäviä kustannuksia paikallisesti:

- Helsingissä talven 2010–2011 lumentulon lisäkustannuksien arvioitiin olevan 14 miljoonaa euroa
- Porissa elokuussa 2007 tapahtunut hulevesitulva aiheutti arviolta 20 miljoonan euron taloudelliset vahingot
- Koko Suomessa vuosien 2002–2003 pitkäaikaisen kuivuuden on arvioitu aiheuttaneen noin 100 miljoonan euron menetykset normaaleihin vesioloihin verrattuna
- Tapanin ja Hannun päivän myrskyistä joulukuussa 2012 vakuutusyhtiöt maksoivat korvauksia 102 miljoonaa euroa. Sähkösäilytyslaitosten kulut olivat noin 48 miljoonaa euroa. Metsää vahingoittui lähes 3,5 miljoonaa kuutiometriä
- Kesän 2010 myrskyissä tuhot olivat 8,1 miljoonaa kuutiometriä. (Kansallinen ilmastonmuutoksen sopeutumissuunnitelma 2022, Valtioneuvoston periaatepäätös 20.11.2014)

Tienpidossa tapahtuneiden tulvien toteutuneita kustannuksia:

- Kittilän tulva aiheutti Lapin tiepiirille noin 900 000€ ylimääräiset kustannukset.
- Etelä- Pohjanmaalla syksyllä 2012 ja keväällä 2013 sattuneet tulvat aiheuttivat Etelä- Pohjanmaan ELY- keskukselle yhteensä noin 300 000 € ylimääräiset kustannukset.
- Varsinais-Suomessa Kt 40 tehtiin painumakorjaus vuonna 2007. Työt maksoivat noin 550 000 €.
- Varsinais- Suomessa Kt 52 sortumavaarallisen kohteen korjaus maksoi vuonna 2006 750 000 €.
- Porvoonjoen varressa Mt 1601 sortuman korjaaminen n. 225 000 €.

Suunniteltujen korjausten arvioidut hinnat:

- Mt 1605, Porvoosta 18 km länteen. Liukupintasortuma tien luiskassa.
  - VE1: Tiepenkereen ja luiskan kevennys: **57 014 €**
  - VE2: Uoman siirto: **16243 €**
  - VE3: Massanvaihto tiepenkereen luiskaan: **74329 €**
  
- Vt 1, Kirkkojärven tulvapaikka, Espoo
  - VE 1: Pitkä pengerpaalutus ja siltojen levennys:
    - vertailukustannusarvio **14,8 M€**
  - VE 2: Lyhyempi pengerpaalutus
    - vertailukustannusarvio **10,2 M€**
  - VE3: Tien korotuksen kompensatiokevennys
    - vertailukustannusarvio **7,4 M€**
  - VE 4: Tien tulvasuojaus patorakenteella
    - vertailukustannusarvio **ei tehty**
  - VE 5: Pilaristabilointi ja penkereen korotus
    - vertailukustannusarvio **ei tehty**
  - VEO: tien korotus murskeella ja päällysteellä
    - vertailukustannusarvio **3,8 M€**

## 7 Tutkimustulokset

### 7.1 Päätulokset

1. *Mistä maanteiden kuivatusongelmat aiheutuvat ja mitä vaikutuksia kuivatusongelmilla on tienpitoon ja liikenteeseen?*

Kuivatusjärjestelmän suurimpia ongelmia ovat puutteellinen pintakuivatus, huono yksityistieliittymien rumpujen hoito, tukkeutuneet laskuojat, piilossa olevat syväkuivatusjärjestelmät ja kunnossapitoa häiritsevät maanteiden sivuojiin asennetut johdot ja kaapelit. Maanteiden kuivatusjärjestelmän ongelmat aiheutuvat kuivatusjärjestelmän osien puutteellisesta hoidosta tai alkuperäisen mitoituksen riittämättömyydestä vastata nykyisiin kasvaneisiin vesimääriin. Kuivatusjärjestelmän toimivuus korostuu rankkasateiden aikana, jolloin maanteiden riski tulvimiseen lisääntyy.

Kuivatusongelmat aiheuttavat häiriöitä liikenteelle, minkä seurauksena liikennettä voidaan joutua rajoittamaan tai liikenne estyy joksikin aikaa kokonaan. Puutteellinen kuivatus aiheuttaa kantavuuden heikkenemistä tierakenteiden vettymisen seurauksena. Muita merkittäviä kuivatuspuutteiden vaikutuksia tienpidolle ja liikenteelle ovat teiden sortumariskin kasvaminen, kunnossapidon kustannuksien lisääntyminen sekä tierakenteeseen liittyvät ongelmat, kuten painumat.

Maanteiden tulvista vain 5 % on vesistötulvien aiheuttamia, mutta yksittäisinä tapauksina ne voivat olla merkittäviä ja niistä aiheutuu tienpidolle usein suuria lisäkustannuksia. Kuivatusjärjestelmää parantamalla vesistötulvia ei voida juurikaan ennaltaehkäistä. Niihin on tienpidossa varauduttu mm. laatimalla tulvaherkille maanteille varareittisuunnitelmia.

Maanteiden tulvista 95 % on muita kuin vesistötulvia. Ne aiheutuvat kuivatusjärjestelmien puutteellisesta kunnossapidosta tai järjestelmän riittämättömästä mitoituksesta suunnitteluvaiheessa. Osa tulvista aiheutuu yllättävistä paikallisista rankkasateista. Niihin varautuminen ja niiden paikallinen ennakointi kunnossapidossa on vaikeaa. Nykyisin varautuminen on pyritty varmistamaan sopimusteknisesti esimerkiksi edellyttämällä urakoitsijalta lisäkalustoa.

2. *Mitä haittoja (lisäkuormituksia) ilmastomuutoksesta seuraa maanteiden kuivatusjärjestelmille?*

Ilmastomuutos lisää kuivatusjärjestelmän haavoittavuutta ja korostaa kunnossapidon merkitystä. Tienpidon kannalta Ilmastomuutoksen merkittävimmät säätökijät ovat keskilämpötilan kohoaminen, sademäärien kasvu sekä äärisääilmiöiden lisääntyminen ja voimistuminen. Suomessa keskilämpötila saattaa nousta yli kuudella asteella vuoteen 2100 mennessä. Kokonaissademäärä tulee kasvamaan maltillisesti, mutta suurimmat vaikutukset kuivatusjärjestelmille aiheutuu rankkasateiden määrän kasvusta (10–30 % vuoteen 2100 mennessä) sekä yksittäisten rankkasateiden voimistumisesta.



Maanteiden tulvat, korkea pohjavesi ja vettyneet tiekerrokset ovat esimerkkejä ilmastomuutoksen tuomista ongelmista tienpidolle. Lisääntyvät sateet mm. pidentävät kelirikkokautta ja lisäävät etenkin syyskelirikkoo (Tiehallinto 2009 a). Ilmastomuutoksen myötä kunnossapidon kustannukset tulevat lisääntymään kokonaisuudessaan.

Maanteillä sattuu aika ajoin tiepenkereiden tai -leikkausten sortumia, jotka useimmiten aiheutuvat veden tulvimisesta tai virtaaman aiheuttamasta eroosiosta. Sortumat aiheuttavat haittaa ja kustannuksia tienkäyttäjille ja tienpitäjille. Tiepenkereiden ja -leikkausten sortumat lisääntyvät ilmastomuutoksen myötä, vaikkakin ovat melko harvinaisia. Sortumien rekisteröinti ei ole yhtenäistä ja kaikkia sortumatyyppejä ei huomioida, vaan käytännöt vaihtelevat eri ELY-keskuksissa. Pohjarakenteiden vauriokohteet ovat määritetty muutamissa ELY-keskuksissa. Vauriokohteista olevia tietoja käytetään suunnittelutarpeen ja riskien arvioimiseksi sekä joissain ELY-keskuksissa erikoiskuljetusten reittien tarkastelussa.

*3. Miten kuivatuksen kunnossapidon hallintaa, hallintajärjestelmiä, tiedonkeruuta ja rekisterien tietosisältöjä voitaisiin kehittää?*

Tienpidossa ei ole nykyisin käytössä yhtenäistä kuivatuksen hallintajärjestelmää eikä siihen kuuluvaa yhtenäistä tietojärjestelmää. Kuivatusjärjestelmästä ja kuivatuksen kunnosta rekistereihin tallennetut tiedot ovat epäyhtenäisiä ja laadultaan vaihtelevia. Tietojen kerääminen ei ole valtakunnallisesti yhtenäisesti ohjeistettu, vaan tietoja kerätään eri ELYissä eri laajuudella ja eri tarkkuudella. Tiedonkeruu on tuleviin tarpeisiin nähden liian vähäistä.

Urakoitsijalta tilaajalle siirtyvä tieto on suurimmaksi osaksi urakoiden toteumatietoa, mikä ei sellaisenaan kerro kuivatusjärjestelmien kunnosta riittävästi. Perusrekistereihin siirtyvät järjestelmien laite- ja kuntotiedot eivät ole riittäviä esim. kunnostuskohteiden priorisoinnin parantamiseksi tai kuivatusjärjestelmien elinkaaritarkastelujen tekemiseksi. Historiatietoa voitaisiin hyödyntää mm. selvitetessä kunnostusmenetelmien pitkäaikaistoimivuutta. Etenkin tulvatiedon ja kuivatuksen kustannustiedon osalta historiatieto on puutteellista.

Kunnossapidon hallintaa, hallintajärjestelmiä, tiedonkeruuta ja rekisterien tietosisältöjä voitaisiin kehittää yhtenäistämällä koko hallintajärjestelmää ja siihen kuuluvia osia. Uuden HARJA-järjestelmän käyttöönotto vaiheittain vuoden 2016 syksystä alkaen antaa hyvät mahdollisuudet arvioida kuivatuksen tietojen keräämisen ja hallinnan tarpeita sekä niiden sovittamista HARJA-järjestelmään. Tietoja tulee jatkossa kerätä niin laajasti ja laadukkaasti, että niiden monipuolinen hyödyntäminen on mahdollista ja luotettavaa.

*4. Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty ilmastomuutoksesta aiheutuvien riskien arviointiin? Miten ne soveltuvat Suomeen?*

Ilmastomuutoksesta tienpidolle ja liikenteelle aiheutuvien riskien arviointimenetelmiä on kehitetty kansainvälisissä tutkimuksissa. Näistä RIMAROCC-menetelmä on vaiheittain tarkentuva jatkuvaan parantamiseen ja tuoreimman tiedon nopeaan hyödyntämiseen sekä jatkuvaan vuorovaikutukseen tähtäävä prosessi ilmastomuutoksesta aiheutuvien riskien arviointiin. Menetelmällä voidaan tarkastella laajoja kokonaisuuksia tai vain tieverkon osia.

Menetelmää on sovellettu mm. Hollannissa, Ranskassa, Norjassa ja Ruotsissa. Esim. Hollannissa tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin, että menetelmä sopi hyvin rankkasateen maanteille aiheuttamien ongelmien tarkasteluille järjestelmällisen etenevän ja joustavuuden vuoksi. Myös muissa edellä mainituissa maissa menetelmän todettiin olevan pääsääntöisesti toimiva.

Menetelmää ei ole sovellettu Suomeen, mutta mikään tässä tutkimuksessa esille tullut seikka ei viittaa siihen, että menetelmä ei olisi soveltuva myös täällä. Menetelmää kannattaisi hyödyntää esimerkiksi liikennejärjestelmätason riskienhallintamenetelyiden kehittämisessä sekä kriittisen infrastruktuurin ja ns. heikkojen lenkkien määrittämisessä (Liikennevirasto 2011 c).

5. *Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty maanteiden tulvariskien arvioimiseksi? Miten ne soveltuvat Suomeen?*

Maanteiden tulvaherkkien kohteiden paikkatietopohjainen mallintaminen edellyttää suhteellisen tarkkaa tietoa maanpinnan muodoista ja maanteiden kuivatusjärjestelmän osista sekä muista vettä johtavista rakenteista (esim. sillat ja katujen rakenteet). Paikkatietopohjaisten arviointimenetelmien hyötyjä on mm. kokonaisvaltaisen kuvan saaminen kuivatusjärjestelmästä ja sen toimivuudesta sekä tärkeimpien tarkemmin suunniteltavien kohteiden priorisointi. Tulvariskien arvioimiseen on kehitetty monia menetelmiä, joista Iso-Britanniassa kehitetyssä FSI-menetelmässä tulvariski muodostuu neljän tekijän (tieluokka, KVL vaikutukset liikenteeseen ja vaikutuksen kesto) tulona. Tulvariski voidaan näin laskea rekisteritietoihin pohjautuen.

Maanteiden tulvaherkkien alueiden mallintamiseen ja simulointiin perustuvia arviointimenetelmiä on kehitetty eurooppalaisten tiehallintojen SWAMP-projektissa. Menetelmässä luodaan hydrologisesti sovitettu maastomalli, jonka avulla pyritään löytämään alavat tulvaherkät alueet. Menetelmän soveltuvuutta Suomeen tulisi selvittää tarkemmin. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa hyödyntämällä menetelmä voisi soveltua hyvin maanteiden tulvariskien arviointiin Suomessakin.

Suomessa on jo aiemmin hyödynnetty vastaavia paikkatietopohjaisia menetelmiä vesistötulvariskien arvioinnissa. TURINA-analyysi kehitettiin merkittävien tulvariskialueiden kartoittamista varten. Analyysi perustuu kokemuseräisen tulvatiedon, hydrologisten havaintojen ja paikkatietoaineistojen hyödyntämiseen. Analyysit on toteutettu merkittävien tulvariskien alueilta, joten laskentoja ei ole olemassa kaikilta maanteiltä.

## 7.2 Päätelmät ja ehdotukset jatko-toimenpiteiksi

1. *Mistä maanteiden kuivatusongelmat aiheutuvat ja mitä vaikutuksia kuivatusongelmilla on tienpitoon ja liikenteeseen?*

Merkittävien maanteiden kunnossapidon ongelmien ratkominen edellyttää muutoksia kuivatuksen suunnittelun ja kunnossapidon ohjeistukseen. Osa kuivatuksen kunnossapidon ongelmista johtuu tienpitoon liittyvistä hallinnollisista rajoista (esimerkiksi yksityisteiden tienpitovastuulla olevat liittymärummut ja laskuojien perkaaminen pidemmältä varsinaisen tiealueen ulkopuolelta) eikä niitä voida ratkoa pelkästään tien-

pidon käytäntöjä muuttamalla vaan vaadittaisiin muutoksia esimerkiksi lainsäädäntöön. Tulvariskiä voitaisiin vähentää kunnostamalla kuivatusjärjestelmää ja sen osia kaikista maanteiden tulvatapahtumista kerättävään tulvatietoon ja sen perusteella tehtävään kunnostuskohteiden priorisointiin pohjautuen. Vastaavasti tietoa tulisi kerätä myös tiepenkereiden ja -luiskien sortumien osalta.

2. *Mitä haittoja (lisäkuormituksia) ilmastonmuutoksesta seuraa maanteiden kuivatusjärjestelmille?*

Muuttuvassa ilmastossa tienpidon arkityön haasteet tulevat olemaan paljolti samankaltaisia kuin tänäkin päivänä – kunnossapidon kustannukset ja riskit tulevat kuitenkin kasvamaan. Oikeilla sopeutumistoimilla voidaan vähentää ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia. Tietyiltä osin kuivatusjärjestelmien tason nosto tulee välttämättömäksi tulevaisuudessa. Etenkin sopeuduttaessa suuriin ilmastonmuutoksen myötä lisääntyviin vesistötulviin, joiden ehkäisemiseksi tehtävät toimenpiteet ovat kustannuksiltaan suuria.

3. *Miten kuivatuksen kunnossapidon hallintaa, hallintajärjestelmiä, tiedonkeruuta ja rekisterien tietosisältöjä voitaisiin kehittää?*

Tienpidon hallintajärjestelmät eivät nykyisellään mahdollista yhteismitallista kuivatuksen liittyvän omaisuuden arviointia, kuntotason selkeää määrittämistä tai kunnostuskohteiden perusteltua priorisointia. Nykyinen urakoitsijan ja tilaajan tiedonvälitys on kankeaa, eikä tieto siirry riittävällä nopeudella tai tarkkuudella. Hallintajärjestelmää tulisikin kehittää yhtenäisemmäksi. Perusrekistereitä hyödyntävän tietojärjestelmän tulisi olla avoinna kaikille kunnossapidon osapuolille.

Kuivatuksen tiedonhallintaa tulisi kehittää järjestelmällisesti ja yhtenäisesti Liikennevirastossa ja kaikissa ELY-keskuksissa. Kehittämisen suunnittelussa tulee ottaa huomioon muuttuvat käyttötarpeet. Kehittämiselle tulee olemaan lähivuosina aiempaa paremmat mahdollisuudet, kun uusi AURA- ja LIITO-järjestelmän korvaava HARJA-järjestelmä otetaan käyttöön vaiheittain vuoden 2016 syksystä alkaen.

Yhtenäinen tiedonkeruu kaikista maanteilla sattuvista vesistö- ja hulevesitulvista mahdollistaisi tulvien kehityksen ja väylänpidon sopeutustoimien vaikutusten seurannan ilmastonmuutoksen edetessä. Kerättävistä tiedoista, niiden analysoinnista ja taltioinnista olisi Liikenneviraston hyvä laatia selkeät ohjeet.

Maanteilla sattuvat sortumat aiheuttavat kunnossapidolle lisäkustannuksia ja tienkäyttäjille viivästyksiä. Tietoa tapahtuneista sortumista tulisi kerätä tulvia vastaavalla tavalla. Tarpeet maanteiden sortuma- ja vauriorekisterin kehittämiseksi ja tiedonkeruun yhtenäistämiseksi kannattaisi selvittää tarkemmin.

4. *Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty ilmastonmuutoksesta aiheutuvien riskien arviointiin? Miten ne soveltuvat Suomeen?*

Riskienhallinnan tulisi liittyä muuhun suunnitteluun, eikä olla irrallinen osa prosessia. Kuivatusjärjestelmien kunnossapidon riskienhallinnan kehittämistarpeita tulisi selvittää ja tarkentaa esimerkiksi samassa yhteydessä kun mahdollisesti selvitetään tulvariskien arviointimenetelmien soveltuvuutta Suomeen.

5. *Millaisia menetelmiä kansainvälisissä tutkimuksissa ja selvityksissä on kehitetty maanteiden tulvariskien arvioimiseksi? Miten ne soveltuvat Suomeen?*

Maanteiden tulvariskien arvioimiseksi on kehitetty useita menetelmiä joista osa soveltuu koko verkon tarkasteluun ja osa pienemmille osa-alueille. Laserkeilauksen hyödyntäminen maanteiden kuivatuksen suunnittelussa sisältää paljon potentiaalia sekä hankesuunnitteluun että laajempiin tarkasteluihin. Mahdollisuudet menetelmän hyödyntämiseen kannattaa selvittää myös kuivatuksen osalta. Selvitys kannattaa toteuttaa samassa yhteydessä, kun laserkeilausaineistojen hyödyntämistä muutoinkin Liikennevirastossa selvitetään.

## Lähdeluettelo

Ahosuo (2013). Teiden hoidon ja ylläpidon yhteistyön kehittäminen - Päälystettyjen teiden paikkaus ja kuivatus.

Bles et al. (2010 a). Risk Management for Roads in a Changing Climate, a guidebook to the RIMAROCC method. Final version.

Bles et al. (2012 ) Investigation of the blue spots in the Netherlands national highway

Destian arkisto (2015). Viitattu 6.8.2015. Ei saatavilla.

Ehrola (1996). Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet.

Eidsvig et al. (2010). Risk management for RV15, Strynefjellet, Norway. Case study on section scale, 2010

Ekroos, Hurmeranta (2011). Tulvariskit - kaavoitusta ja rakentamista koskevat riskit

ELY- keskus (2015). [www.ely-keskus.fi](http://www.ely-keskus.fi)

Helsingin Sanomat (2015). <http://www.hs.fi/kotimaa/a1431664898271>. Viitattu 5.8.2015

HMEP (2012): Highways Maintenance Efficiency Programme. Guidance on the Management of Highway Drainage Assets. [www.highwayefficiency.org.uk](http://www.highwayefficiency.org.uk)

Ilkka.fi (2015). <http://www.ilkka.fi/uutiset/poliisiuutiset/alaj%C3%A4rvelt%C3%A4-liikenne-poikki-en%C3%A4%C3%A4-paalij%C3%A4rventiell%C3%A4-1.1881480>. Lisäkuvista neljäs. Viitattu 12.8.2015

Ilmasto-opas (2015). [www.sivusto,ilmasto-opas.fi](http://www.sivusto,ilmasto-opas.fi)

Ilmatieteen laitos (IL) (2009). Ilmastokatsaus, 4/2009, Ilmastomuutoksen vaikutuksia tiestön hoitoon ja ylläpitoon

Ilmatieteenlaitos (IL) (2012). SETUKLIM, lämpimät ja kylmät säät muuttuvassa ilmastossa(pdf)

Ilmatieteen laitos (IL) (2013 a). Ilmastokatsaus, 4/2013

Ilmatieteenlaitos (IL) (2013 b). SETUKLIM, maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita (pdf)

Ilmatieteenlaitos (2014). Ilmastokatsaus 11/2014. s. 4-6

Ilmatieteen laitos (IL) (2015). [www.ilmatieteenlaitos.fi](http://www.ilmatieteenlaitos.fi)

Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2014). Viides arviointiraportti.

Kaleva.fi (2015). <http://www.kaleva.fi/uutiset/galleriat/lukijat-kuvasivat-kevaan-tulvavesia/9118/>. Viitattu 12.8.2015.

Jeekel et al. (2012). CEDR-Adaptation to climate change. Conference of European Directors of Roads (CEDR).

Laapas (2013): Rankkasateet ja Ilmastonmuutos- katsaus viimeaikaiseen tutkimukseen. SETUKLIM

Liikennevirasto (2010). Liikenneympäristön ja varusteiden kunnossapidon toimintalinjat (02/2010)

Liikennevirasto (2011 a). Väylänpidon hankkeiden riskienhallinnan ohjeistus. (57/2011)

Liikennevirasto (2011 b). Maastotietojen hankinta – Toimintaohjeet. (23/2011)

Liikennevirasto (2011 c). Liikennejärjestelmän riskikartoitus. (59/2011)

Liikennevirasto (2011 d). Taitorakenteiden hallintajärjestelmän periaatteellinen toiminta. (28/2011)

Liikennevirasto (2012 a). Liikenneviraston riskienhallinnan menettelytapaohje (17/2012)

Liikennevirasto (2012 b). Liikenteen päästökustannukset. (23/2012)

Liikennevirasto (2013 a). Yksityistieliittyvien kunnossapito. (1/2013)

Liikennevirasto (2013 b). Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu (5/2013)

Liikennevirasto (2014 a). Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. s. 45–49 (13/2014)

Liikennevirasto (2014 b). Maanteiden tulvakohteiden kartoitus

Liikennevirasto (2014 c). Liikenneväylien korjausvelan vähentäminen ja uusien rahoitusmallien käyttö. (35/2014)

Liikennevirasto (2014 d). Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. (15/2014)

Liikennevirasto (2014 e). Hoidon ja ylläpidon tuotekortit 31.1.2014. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/hoidon\\_tuotekortti2014.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/hoidon_tuotekortti2014.pdf)

Liikennevirasto (2015 a). [www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liikennevirasto (2015 b). Teiden kunnossapito [viitattu 13.4]. [www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liikennevirasto (2015 c). HARJA-järjestelmän esittelykalvot. Ei saatavilla.

Liikennevirasto (2015 d). 2015 kaupallisten asiakirjojen muutokset. [www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liikennevirasto (2015 e). Alueurakoiden tekniset asiakirjat 2015. [www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liikennevirasto (2015 f). Sorateiden kunnostus. (1/2014)

Liikennevirasto (2015 g). Tietilasto 2014. (7/2015)

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) 2006. Maantielaki 503/2005.

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) 2009. Ilmastopoliittinen ohjelma (ILPO) 2009–2020. (2/2009)

Lehtonen (2011). Äärisademäärien muutokset Euroopassa maailmanlaajuisten mallien perusteella.

Maa- ja metsätalousministeriö (2009). Ilmastomuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon arviointi.

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) (2014). Kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumisohjelma 2022.

Maanmittauslaitos (MML) (2015). Laserkeilaus, nettisivut. [www.maanmittauslaitos.fi](http://www.maanmittauslaitos.fi)

National Cooperative highway Research Program (NCHRP) (2014).

Sane (2010). Paikkatietomenetelmä tulvariskien alustavaan arviointiin. Diplomityö, Aalto-yliopisto.

Suomen ympäristökeskus (SYKE) (2008). Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). (31/2008)

Suomen ympäristökeskus SYKE (2015). Tulvakartat [viitattu 15.2.2015]. [www.ymparisto.fi/tulvakartat](http://www.ymparisto.fi/tulvakartat)

Tampereenseutu(2015).[http://tampereenseutu-fi-bin.aldone.fi/@Bin/9e56a3c2a1d5e44ef8c1f5f3ad57f436/1438515794/application/pdf/1997932/Merta\\_Maanteiden\\_tulvariskien\\_hallinta.pdf](http://tampereenseutu-fi-bin.aldone.fi/@Bin/9e56a3c2a1d5e44ef8c1f5f3ad57f436/1438515794/application/pdf/1997932/Merta_Maanteiden_tulvariskien_hallinta.pdf). Viitattu 2.8.2015.

Tiehallinto (1994–2001). Tien pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelma (TPPT)

Tiehallinto (2005). Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. S.8 (65/2005)

Tiehallinto (2007). Ilmastomuutokseen sopeutuminen tienpidossa. (4/2007)

Tiehallinto (2008). Talvihoidon toimintalinjat – Toiminta- ja suunnitelma-asiakirjat.

Tiehallinto (2009 a). Ilmastomuutoksen vaikutus tiestön hoitoon ja ylläpitoon). (8/2009)

Tiehallinto (2009 b). Muuttuvat sääolosuhteet - Riskin tilannekatsaus Hämeen tiepiirissä. (43/2009)

Tiehallinto (2009 c). Tieverkon tulvariskikohteiden määrittelyssä käytettävät tiedot – Esiselvitys. (52/2009)

Tielaitos (1993). Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne 4. S.6, s.20–21

Tulvaseminaari (2015). Tulvat ja niiden vaikutukset.

[http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/2034/Tulvin%20liittyvi%E4%20ilmi%E4%20F6it%E4%20jak%E4sitteit%E4.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/2034/Tulvin%20liittyvi%E4%20ilmi%E4%20F6it%E4%20jak%E4sitteit%E4.pdf). Viitattu 5.8.2015

Roadex (2015). E -learning material. [www.roadex.org](http://www.roadex.org). Viitattu 15.3.2015.



## Erillishaastattelut henkilöt

Mauri Niemi, Destia, työmaapäällikkö  
Antero Nousiainen, Destia, konsultti  
Heikki Onnninen , Destia , johtava konsultti  
Oiva Huuskonen, Destia, infrahoidon kehittämisspäällikkö  
Taina Rantanen, Sito Oy, johtava konsultti  
Heikki Ikonen, Pirkanmaan ELY- keskus, kunnossapitoyksikön päällikkö  
Ismo Kohonen, Liikennevirasto, väylänhoidon asiantuntija  
Jukka Heikkilä, Varsinais-Suomen ELY-keskus, kunnossapitoasiantuntija  
Anne Valkonen, Pirkanmaan ELY-keskus, ylläpitovastaava

## Tulvayhdyshenkilöiden kokouksessa yhteishaastattelut henkilöt

Tuovi Päiviö, Liikennevirasto, ELY-Johtaja  
Laura Pennanen, Liikennevirasto, väylärakennesiantuntija  
Tapani Angervuori, Uudenmaan ELY- keskus, kunnossapidon kehittämisspäällikkö  
Jyri Vilhunen, Liikennevirasto, projektispäällikkö  
Mikko Sane, Suomen ympäristökeskus, kehitysinsinööri  
Osmo Mensalo, Pohjois- Savon ELY- keskus, tietopalveluyhdyshenkilö  
Heikki Hirttiö, Lapin ELY-keskus, valmiustarkastaja  
Leo Oja, Pohjois- Pohjanmaan ELY- keskus, aluevastaava  
Risto Hämäläinen, Kaakkois- Suomen ELY- keskus, aluevastaava  
Tommi Merta, Pirkanmaan ELY- keskus, ylitarkastaja  
Jukka Heikkilä, Varsinais-Suomen ELY-keskus, kunnossapitoasiantuntija

## Haastattelukysymykset erillishaastatelluille

1. Mitä tietojärjestelmiä liittyy maanteiden kuivatukseen?
2. Lisääntyvätkö vaatimukset hoidon urakoissa kerättävästä kuivatustiedosta tulevaisuudessa?
3. Voisiko kehitteillä olevaa HARJA- järjestelmää hyödyntää kuivatustiedon keräämisessä?
4. Kuinka yleisiä tulvatapahtumat maanteilla ovat ja mikä niiden syntymiseen vaikuttaa? Kuinka tulviin varaudutaan?
5. Tulisiko maanteilla sattuvista tulvista kerätä tietoa nykyistä enemmän?
6. Missä määrin tehdään kuivatusjärjestelmiin liittyviä laiteinventointeja?
7. Kuinka kuivatusjärjestelmien inventointi käytännössä toteutetaan?
8. Ovatko laiteinventointien tiedot ajantasaisia ja laadultaan riittäviä?
9. Mitä kuntotietoa kuivatusjärjestelmistä tarvitaan urakan alussa operatiivisen toiminnan suorittamiseen ja toisaalta urakkalaskentaan?
10. Mitkä ovat suurimmat kuivatusjärjestelmiin liittyvät ongelmat kuivatuksen kunnossapidossa?
11. Miten maanteiden kuivatukseen liittyviä vaatimuksia ja ohjeita on muutettu 2000-luvulla?
12. Mikä vaikutus kuivatusjärjestelmän toimivuudella on maantien elinkaareen?
13. Mikä vaikutus kuivatusjärjestelmien kunnolla on asfalttipäällysteen kestoikään?
14. Mitä parannettavaa kunnossapidon suunnittelussa on?
15. Onko hoidon alueurakoista kerättävä kuivatustieto riittävää tilaajalle?
16. Mitkä ovat aluevastaavien resurssit valvoa alueurakoita? Kuinka valvontaa saataisiin tehostettua?
17. Tulisiko maanteilla sattuvista sortumista kerätä nykyistä enemmän tietoa?
18. Mitkä ovat suurimmat ongelmat hoidon ja ylläpidon välisessä yhteistyössä kuivatuksen osalta?
19. Olisiko kuivatus mahdollista irrottaa hoidon urakasta omaksi erillisurakaksi? Mitä hyötyjä tästä olisi?
20. Missä määrin ilmastonmuutos on tullut esille omassa työssäsi?

## Haastattelukysymykset tulvayhdyshenkilöille

1. Miten maanteiden kuivatukseen liittyviä vaatimuksia ja ohjeita on muutettu 2000-luvulla?
2. Kuinka tieto tulvasta välittyy urakoitsijalta tilaajalle? Mitä parannettavaa tässä on?
3. Tulisiko maanteilla sattuvista tulvista kerätä nykyistä enemmän tietoa? Kuinka tämä tulisi toteuttaa?
4. Voidaanko kehitteillä olevaa HARJA- järjestelmää hyödyntää tulvatiedon keräämisessä?
5. Onko tulvien aiheuttamista vahingoista ja niiden kustannuksista kuinka hyvin tallennettua tietoa?



